

博士論文

双糸に糸幅・上撚り・摩擦特性同時測定装置を適用した
編地の目面評価手法の研究

2011 年 2 月

和歌山大学大学院システム工学研究科

古金谷 圭三

双糸に糸幅・上撚り・摩擦特性同時測定装置を適用した
編地の目面評価手法の研究

古金谷 圭三

**Investigation of Estimating for Appearance Quality of
Plain Knitting Fabric Based on the Appearance Width,
Final Twist, and Friction Properties of the Double Ply Yarn**

Keizo Koganeya

目次

第1章 緒言	1
1.1 はじめに	1
1.2 糸の物性と編地	2
1.3 本研究の背景	10
1.4 本研究の目的	11
1.5 本論文の構成	12
1.6 本論文について	13
第2章 編地の目面と糸の摩擦特性	14
2.1 はじめに	14
2.2 周期的摩擦（張力）変動と平編地の目面	15
2.2.1 はじめに	15
2.2.2 実験	15
2.2.2.1 試料	15
2.2.2.2 振り洗い処理	15
2.2.2.3 測定・実験装置	15
(1) 糸むら試験機	15
(2) 摩擦測定装置	16
(3) 編機	17
2.2.3 結果と考察	18
2.2.3.1 目面对照実験	18
(1) 編成と糸むら試験	18
(2) 摩擦測定試験	20
2.2.3.2 摩擦特性対照実験	24
2.2.4 まとめ	27
2.3 平編地の目面評価と摩擦試験の比較	27
2.3.1 はじめに	27
2.3.2 実験	28
2.3.2.1 一般試料糸	28
2.3.2.2 試作試料糸	28
2.3.2.3 編地	31
2.3.2.4 糸むら試験機	31

2.3.2.5	摩擦試験装置	31
2.3.2.6	編地の目視評価	31
2.3.3	試験結果	32
2.3.3.1	一般試験糸	32
2.3.3.2	試作試験糸	39
2.3.3.3	目面評価と質量むら CV%および摩擦 CV%	43
2.3.4	まとめ	44
2.4	本章のまとめ	44
第3章	見かけの糸幅，上撚り，摩擦係数の同時計測システム	46
3.1	はじめに	46
3.2	走行する双糸の見かけ糸幅の測定方法	46
3.2.1	はじめに	46
3.2.2	理論	47
3.2.2.1	糸の透過光	47
3.2.2.2	測定装置	48
3.2.2.3	明度分布	49
3.2.2.4	閾値	52
3.2.2.5	閾値の感度	53
3.2.2.6	形状の影響	54
3.2.2.7	毛羽の影響	55
3.2.3	実験	56
3.2.3.1	実験試験糸	56
(1)	閾値決定実験糸	56
(2)	閾値確認実験糸	57
3.2.3.2	実験方法と結果	58
(1)	閾値決定	58
(2)	閾値確認実験	67
3.2.4	まとめ	71
3.3	糸の上撚り回数の測定方法	71
3.3.1	はじめに	71
3.3.2	上撚りの測定原理	71
3.3.3	実験試料	73
3.3.3.1	目視試験糸	73
3.3.3.2	糸種試験糸	74
3.3.3.3	上撚り数変化試験糸	74

3.3.3.4	一般試験糸	75
3.3.4	実験方法と結果	75
3.3.4.1	目視試験	75
3.3.4.2	糸種試験	75
3.3.4.3	上撚り数変化試験	76
3.3.4.4	一般試験	77
3.3.4.5	紡毛糸の外形と上撚り数	78
3.3.5	まとめ	78
3.4	摩擦測定	78
3.4.1	はじめに	78
3.4.2	測定方法	79
3.5	測定システム	79
3.5.1	はじめに	79
3.5.2	外観と仕様	80
3.5.3	データ処理の流れ	82
3.5.3.1	糸の見かけ幅と上撚り	82
3.5.3.2	摩擦（張力）	84
3.5.4	測定の流れ	84
3.5.4.1	測定条件設定	84
3.5.4.2	解析結果出力	85
3.6	測定事例	90
3.6.1	一般試験糸	90
3.6.2	摩擦係数の比較	91
3.6.3	糸の質量むらと糸幅むら	92
3.7	本章のまとめ	93
第4章	新システムによる双糸評価	94
4.1	はじめに	94
4.2	実験	94
4.2.1	測定装置と条件	94
4.2.2	試料糸	95
4.3	実験結果	96
4.4	重回帰分析	99
4.4.1	解析対象の条件付け	99
4.4.1.1	糸種 H'	99
4.4.1.2	糸種 YD 2/40, 糸種 YD 2/48	103

4.4.2	重回帰分析結果	104
4.4.3	糸種 H'の編地むらの原因推定	106
4.5	測定事例	108
4.5.1	測定試料	108
4.5.1.1	長期ストック糸	108
4.5.1.2	色違い糸	108
4.5.2	測定結果	109
4.5.2.1	長期ストック糸	109
4.5.2.2	色違い糸	112
4.6	本章のまとめ	114
第 5 章	結論	115
5.1	総括	115
5.2	今後の課題	117
5.3	今後の展望	118
Appendix A		119
Appendix B		122
参考文献		131
研究業績		135
謝辞		136

第1章 緒言

1.1 はじめに¹

繊維機械，例えば，織機，編機，紡績機，ミシンやその周辺装置・システムなど，これらの改良・開発では，日本は現在もなお世界をリードしている．そして，これらの機械やシステムを使用することで，さまざまな繊維製品が効率よく生産されてきている．

このように生産されている繊維製品の中でニット製品と言えば，ジャージなどを生産するたて(経)編と，ポロシャツやカーディガンなどを生産するよこ(緯)編に大別される．この両者の大きな違いは，その生地を構成する糸が縦方向に連続しているのがたて編で，横方向に連続しているがよこ編である．

よこ編については，さらに2種類に分類される．編地を円筒形に編むのが丸編，平型に編むのが横編である．丸編機で生産される主なアイテムは，ポロシャツやTシャツ，靴下などである．横編機で生産される主なアイテムとしては，セーター，カーディガン，ワンピースなどの中衣料から手袋，マフラー，靴下など小物まで多岐に渡る．最近では，基本的に縫製を必要としないホールガーメント製品も市場に出回っている．

これらの編機が生産する製品は，ファッショントレンドを牽引してきている．最近では，クイックレスポンスなどの消費者ニーズや，エコなどの社会的ニーズから，他の工業製品と同様に繊維製品の製造に対しても，リードタイム・歩留まりなどの生産に関する効率を重視した取り組みの必要性が増している．これら編機を対象とした生産効率に関する取り組みとしては，

- 1) 制御データの作成の迅速化，編成速度のアップ，段取り替えを効率的に行うなど，仕掛けから生産終了までの時間短縮や単位時間当たりの生産量を上げる．
- 2) 人為的なミスや，一般的に糸切れ，目落ち，編地むら，斜行など“欠点”と呼ばれる編地に生じる問題を減らすなどして，歩留まりを上げる．

このような取り組みが行われている．

この中で歩留まりを上げる手法として，丸編機では生産時点での編地の欠点発生を自動的に検知し，欠点を出さない，また出たとしても短時間で修正できるような生産を支援するシステムの提案が行われている[1-3]．この支援システムでは，編成時の給糸の張力変動の異常を捉えて編地の欠点の発生を感知する方法をとっている．

丸編機では，一般的にプレーンな柄が編まれ，給糸は連続していて一定である．横編機では，一般的にケーブル柄，振り柄などに見られるように柄が多様で，1コース編成毎に給糸が停止する．このような違いがあり，横編機の給糸では正常に編成されている時においても張力変動が大きいので，上記のような丸編機の支援システムの適用が困難である．

¹ 繊維，横編機関係の専門用語が頻出するので，Appendix Bに用語集としてまとめている．

横編機の生産時に、前述したような編地に欠点が生じた場合には、修整が可能であれば手直しして商品となる。しかしながら、そうでない場合には、欠点の生じた編地を一旦解して糸に再生し再度編成する、もしくは、そのパーツを廃棄物として処理することになる。このような作業による時間的、金銭的な損失は少なくない。さらに、納期や生産原料に余裕が無い場合は、編地に欠点が生じた結果の欠品・納期遅れなどによる違約金の発生など、問題がさらに大きくなる。

横編機をはじめとする編地生産においては、一般的に編成に用いる糸にワキシングをして摩擦を低減する[4]、編成が行われる部屋の空調を整える[5]など、基本的には欠点を出さないような環境整備が実施されている。しかしながら、そのような対応を行っても、横編機生産では、糸の物性が原因と考えられる、編地の目面（めづら：編地の視覚的表面品質、均一性）が悪い、製品の仕上がりの寸法が変化する、等の問題が発生している。

本研究では、横編機で生産される平編地の目面に注目し、横編機で使われる双糸を対象にして、糸の摩擦特性がその糸の編地の目面の良し悪しを評価する指標の一つであることについて言及する。さらに、摩擦特性が見かけの糸幅（以下、特に強調する必要など無ければ糸幅と表記）、上撚りと関係があることから、評価精度を向上させるために、糸の摩擦特性と糸幅、上撚りを同時に計測する専用のシステムを開発する。この開発されたシステムを使った、一般的に横編機で使われる糸の測定結果から、その糸を編成して生産される平編地の目面を予測するための評価方法の提案を行う。さらに実際の糸に対して今回提案した方法を適用した評価を行い、その妥当性の確認を行う。

1.2 糸の物性と編地

従来から、糸の物性、例えば引張強さや毛羽などについて、紡績方法などの要因との関連、さらにそれらの編地の品質との関係など、種々の研究がなされている[6-10]。ここで、編地の欠点とその欠点に関係する糸の物性をまとめたものを、Table 1.1 に示す。実際には、編成速度などの機械側の要因や糸に付加される助剤（摩擦抵抗を減らす油分など）の糸側の要因もあるが、ここでは省いている。

Table 1.1 Relationship between fabric faults and yarn properties.

Kind of fault of knitting fabric	Properties of the yarn
Breaking yarn	Tenacity, Friction
Dropped stitch	Bending rigid, Elongation
Fault of visual quality	Unevenness, Twist
Instability of fabric dimension	Diameter (Width), Finishing
Spirality	Snarl (Final twist)

これらの編地の欠点を概観する．まず，「糸切れ」の場合，編地はFig. 1.1 に示すような外観を示す．糸の引張強度の不足もしくは摩擦抵抗が大きい場合に起こる．



Fig. 1.1 Fabric with breaking yarns.

「目落ち」の場合，編地はFig. 1.2 に示すような外観を示す．糸の曲げ剛性が大きい場合，もしくは糸の伸度が少ない場合などに起こる．



Fig. 1.2 Fabric with dropped stitch.

「編地むら」、いわゆる「目面が悪い」、「むらが多い」とされる編地は、透過光によって確認すると、Fig. 1.3 に示すような外観を示す。糸長方向の質量分布に周期的な強い変動がある場合などに起こる。

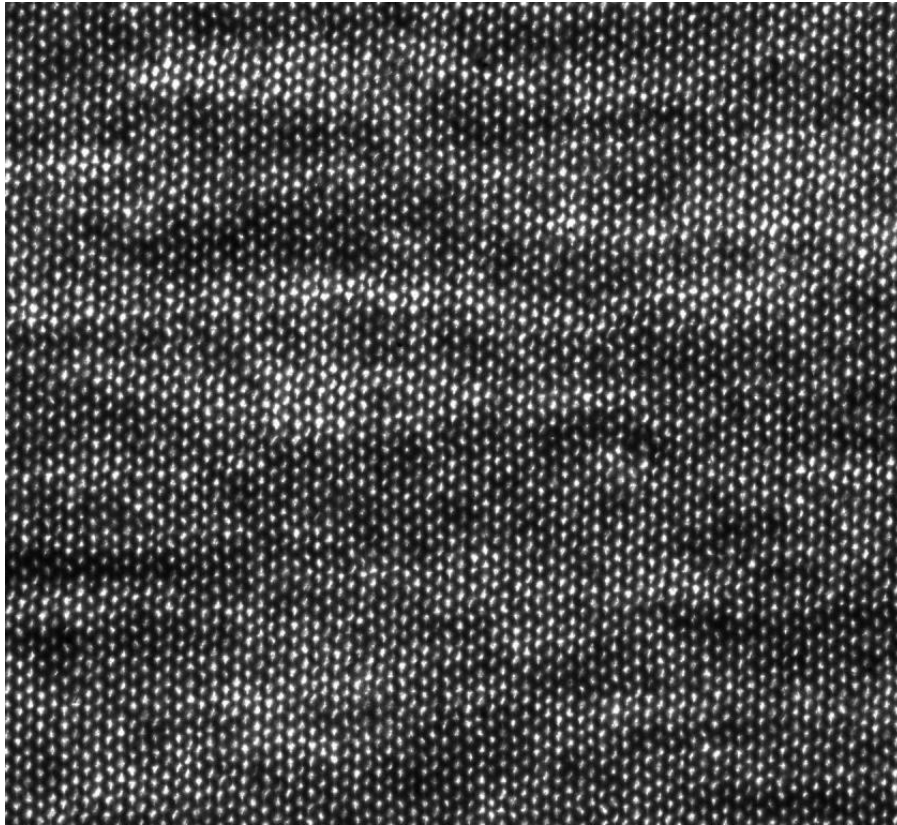


Fig. 1.3 Fabric with bad appearance quality.

「編地寸法の変化」については、Table 1.2 にその実例を示す。同じ銘柄の色違いの糸での製品生産時のサイズを示している。同じ条件で編成されても、それぞれの糸色でサイズが異なっていることが分かる。さらに、糸の線密度と編みあがり寸法が比例していないこともわかる。これには、見かけの糸幅が影響していることが指摘されている。（なお、実作業では寸法調整として編コース数変更などを実施し、指示寸法に対する許容範囲内に仕上げることはもちろんである。）

Table 1.2 Comparison finishing size among products made of different color yarn.

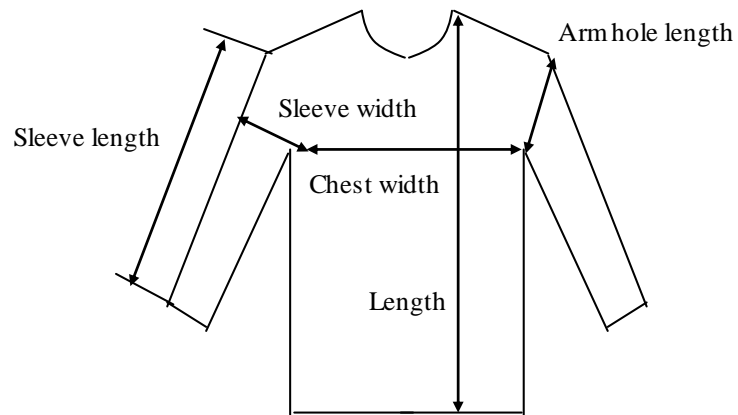
	Design	Color						
		White	L. purple	Gray	Black	D. Green	Orange	Sky blue
Length (cm) ¹⁾	56.0	55.0	56.0	55.5	57.5 ²⁾	56.0	56.0	56.0
Chest width (cm) ¹⁾	42.5	42.2	41.0	41.8	42.5	42.5	42.0	42.5
Arm hole length (cm) ¹⁾	19.0	18.0	18.0	18.0	18.5	18.0	18.4	18.4
Sleeve length (cm) ¹⁾	56.0	55.0	56.0	55.2	56.8	56.0	56.0	56.0
Sleeve width (cm) ¹⁾	14.5	14.5	14.0	14.2	14.5	14.5	14.5	14.5
Product weight (g)		177	178	174	176	172	169	169
Yarn length (m)		2505	2507	2506	2502	2503	2504	2501
Linier density (1m/g)		1/14.07	1/14.17	1/14.27	1/14.4	1/14.43	1/14.57	1/14.70

Yarn density: Heavy

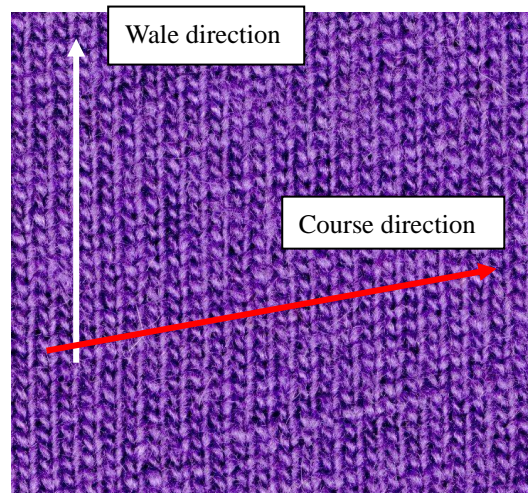

 Light

1) Measuring as follows.

2) Out of limit.



「斜行」の場合、編地は Fig. 1.4 に示すような外観を示す。コースとウェールが直交しない状態となり、生地が捩れる。これは、主に糸の残留トルクが原因で発生する。

**Fig. 1.4** Fabric with spirality.

編地に見られる欠点の概観と、糸の物性との関係は上記のように俯瞰されている。これらに対する研究については、まず、「糸切れ」については、編機での糸と針間の摩擦による張力発生とループ形成[11-16]に関する研究や、糸自体の強度に関する研究[17-23]、測定方法を含んだ糸に発生する摩擦の特性に関する研究[24-29]がある。これらでは、糸切れの原因となる張力増加の原因である摩擦について、アモントンの法則で検討を行っている。さらに、糸のネップが原因となる衝撃的な力によるものも指摘されている[30]。

「目はずれ」については、極端に強い曲げ剛性が原因と考えられた報告[31]があり、糸の曲げ剛性についてはその測定手法が示されている[32]。また、伸度の少ない糸の編成で目はずれが起こることが指摘されている[33]。

「編地むら」については、糸むら（糸の長さ方向における質量変動）に関して周期性の強いむらがある場合、その糸の編地に周期的なむらが生じることが指摘されている[34]。この糸むらを測定する方法として、静電容量式が従来から採用されてきていて、その高精度化の研究[35]が行われている。ところで、この静電容量式では金属性の物質を含んだ糸が測定できないことから、レーザー光とフーリエレンズを用いた手法やその改良方法[36-42]がしばしば検討され、市販の計測システムにも普及している。さらに、糸幅に関する研究としては、単糸の細い箇所を探索するために一般的な光源と鏡を使った方法[43]、また光学的手法による見かけの糸の太さを捉える方法[44-46]、従来の静電容量式と見かけの糸幅の関係を検証した研究[47]が報告されている。

「編地の寸法変化」については、綿糸が濡れることで編地が収縮する現象[48]、また糸の太さと編地の寸法について研究[49]が報告されている。「斜行」については、スナールの強さとの関連を研究[50]したものや、その撚り回数の測定方法についての研究[51, 52]が示されている。

以上のように、編地の欠点に対する糸の物性との関係に多くの研究・検討が加えられている。編針と糸の間の摩擦については、平均摩擦係数として取り扱われることがほとんどである。実際に紡績糸が編針を通過する場合、糸張力が変動することが観察されている。この張力変動と編地の目面の関係を研究したものはほとんど見当たらない。わずかに、糸の弾塑性とそれにあたる物体の半径に関して、摩擦係数の変化についての研究[29]などが、見られる程度である。

上記に示した欠点は、横編、丸編の編地でほぼ共通である、しかし、特に「編地の寸法変化」に関しては、横編機と丸編機の製品ではその性質は異なる。横編機で生産される製品の編地については、同一銘柄の糸であっても、Table 1.2 に示したような色違いの糸による仕上がり寸法の変化などの、品質上問題になることがしばしば起こる [53]。これに伴って、目面の差、編成の難易度の差なども発生する。

ところが、同じ編成組織をもつ丸編機の生産では、このような指摘がほとんどないことが、謝辞に掲載した紡績会社の責任者からも述べられている。丸編機で生産される編地は、

一旦中間製品である反物となるのが一般的である。この場合、編成後に晒し、生地染め、反物の仕上げをして、生地幅、目付けなどを規格内に納めて出荷することになる。このような両者の最終製品生産の工程の違いから起因していると考えられる。

両者のこのような違いについて、まずその編成方法から概観する。Fig. 1.5 に示すように、横編と丸編両者共に編目の基本構造は同じである。ところが、横編機は往復運動で、丸編機は円運動で編地が形成される。このような相違から両者の生産上の特徴として、横編機ではパーツの形に編成する成型編をすることが一般的であるのに対し、丸編みでは、円筒状に編成した後に編地を切り開いて一旦反物にするのが一般的である、ということである。

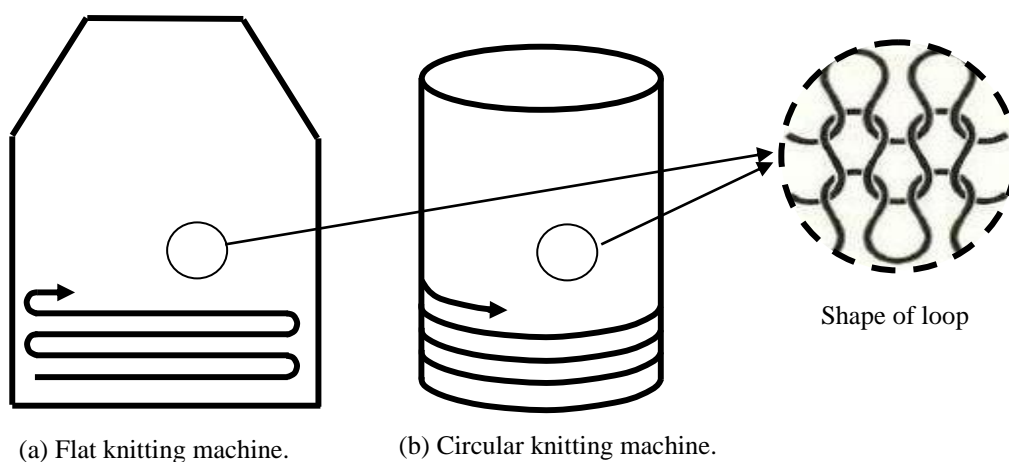


Fig. 1.5 Knitting direction.

横編機では色違いの製品を生産する場合には、先染め糸を使うので、Fig. 1.6 に示すように同銘柄・同番手（・同素材）の色違いの糸で編成することになる。

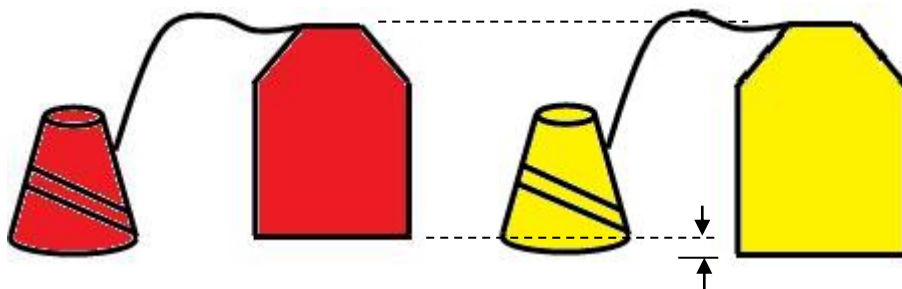


Fig. 1.6 Different color part-production in case of flat knitting machine.

丸編機の場合は、編立て後に晒し・生地染めをして反物にした生地から、Fig. 1.7 に示すように延反・裁断することとなる。

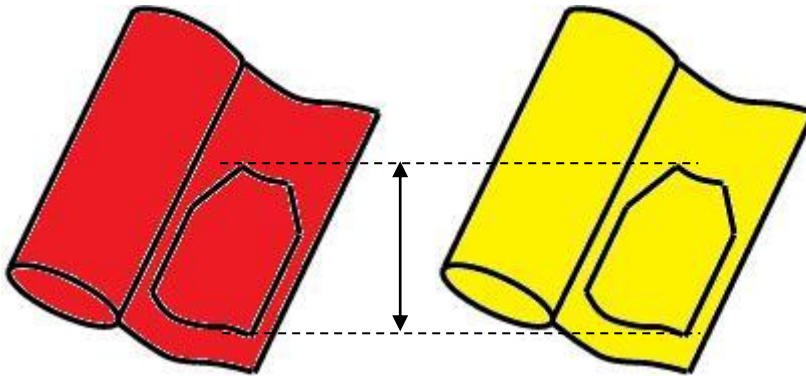


Fig. 1.7 Different color part-production in case of circular knitting machine.

横編機の編地の場合、Table 1.2 に示したように、同じ条件で編成しても寸法差が生じ、時には許容される範囲に収まらないということがある。丸編機の編地の場合、裁断が精確であればパーツの寸法も精確である。なお、Table 1.2 に示すように、横編機で見られるこのような現象から糸の染め工程も糸物性に何らかの影響を与えていると考えられる。

ここで、“編地欠点の確認”が入る段階の工程について考える。繊維製品でも一般工業製品と同様に、本生産に入る前にサンプル生産がある。そこでは、全ての配色については行われず、一部の配色のサンプルが作られ販売に投入するかどうかの確認が行われる。そのため、サンプル品にはない配色の製品は、しばしば本生産で初めて製作されることになる。前述の生産の特徴から、特にサンプルになかった配色の製品は、横編機では、生産最下流に近いパーツの組み立て工程直前での確認となる。しかしながら、丸編機では、最終製品生産のかなり上流である生地生産、生地染めの工程での確認となる。主にこのような違いから、編地の目面などの問題が、横編機を使った生産においてしばしば起こることになると考えられる。

なお、横編機と丸編機において使用する糸に差異がある、それは、一般的に横編機は双糸を、丸編機は単糸を使うことである。編成の違いを示す Fig. 1.5 を考慮すると分かるように、編地の斜行が起きないように横編機では糸のトルクバランスが取れた双糸を使うことが一般的である。ところが、丸編機では糸が螺旋状にループして編地を形成するので、この螺旋状の傾きと糸の残留トルクによる編地の斜行とのバランスで編地の目を整えるなどの対応を取れることもあって、単糸を使うことが一般的である。

双糸と単糸の違いを Fig. 1.8 に示す。一般的に双糸では上撚りと下撚りのトルクバランスを取ることでそれらのトルクが相殺できる。そのため単糸に比べて残留トルクが少ない。

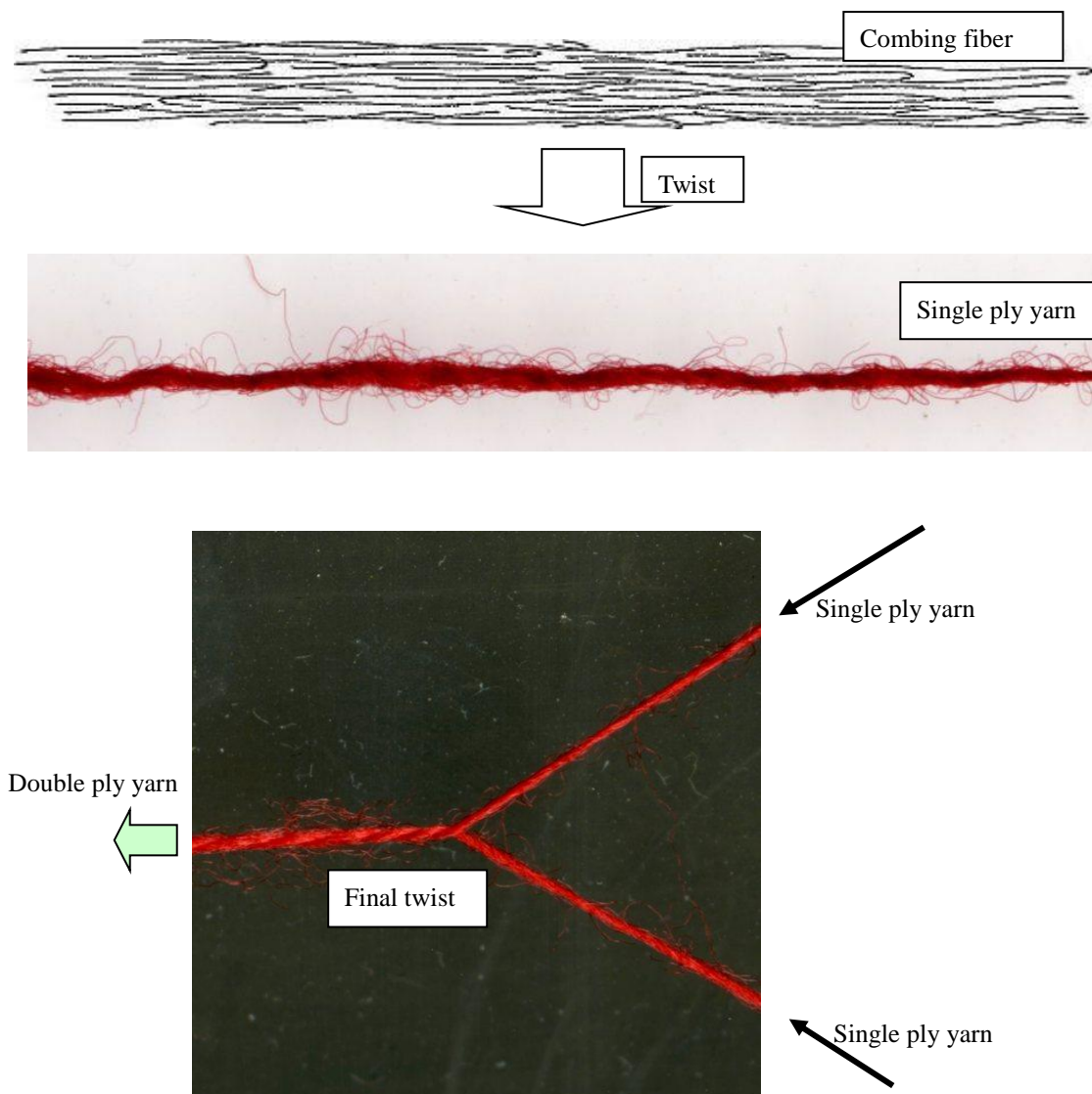


Fig. 1.8 Single and double ply yarn.

以上の事を含めて、横編機と丸編機の生産上の相違点を比較すると、以下のようにまとめることができる。

- 横編機で編成する場合は、双糸が使われることが多い。また先染め糸を使うことが一般的である。糸の組成も獣毛、綿などの天然繊維、化学繊維、またこれらの混紡など多岐にわたっている。成型編成ができること、段取り替えが比較的短時間でできることなど、小ロット生産に向いている。成型編成が一般的であり、編立てたパーツそのものが最終製品のパーツとなる。
- 丸編機で編成する場合は、主に単糸が使われることが多い。その組成は綿もしくは綿と化学繊維との混紡とすることが一般的である。編地編成後に晒し・生地染めを行い反物にするのが普通である。この反物になった編地を延反・裁断・縫製して製品を生産する。

また製品染めも行われることがある。丸編機の中でも、釜口径の大きい編機ほど段取り替えには時間はかかるが、生産効率が高く大量生産に向いている。なお、最終製品のパーツは、反物になった生地から裁断して取り出すので、編みあがった編地の寸法とは直接関係がない。丸編機で生産される編地の取引では、目付けと呼ばれる単位面積あたりの重量によるのが一般的である。

横編機での生産において、糸の染め工程が糸物性に与える影響については、何らかの考慮・試験などの必要性が考えられる。しかしながら、染め工程を経た後の糸に対して、物性に関する測定が行われることは少ない。それは、先染め糸、例えばかせ(総)染めなどでは、その発注において最小ロットが数 kg などと小さく、また納期も限られているのがその一因と考えられる。

1.3 本研究の背景

生地・編地のむらについては、謝辞に掲載した紡績会社の責任者は、Table 1.1 に示すように糸の質量むら (Unevenness) に起因するものが知られていて、糸の質量むら試験機での測定結果から評価されることが一般的である、と述べている。そして、主にこれらのシステムを保有している紡績工場は、原料を紡績した時点でこれらの糸の試験・評価を行っている。

従って、この糸の質量むら試験で編地のむらが概ね評価できることが前提としてあるのであれば、編機で使われる糸に対してこの糸むら試験が行われ、その測定結果にむらに関する特性が見られないということが、この糸を編成した編地の目面にはむらが見られることはないということを示すことになる。

ところが、横編機で生産されたファインゲージの製品の平編地、一般的に言われる表天竺部分にむらがあり、その編地が総染めの双糸で編まれていたことが報告されてきた。そして、この糸に対して糸むら試験を行っても、その試験結果からは編地のむらの発生要因が見当たらない、という事例が確認された。

この糸とこの糸と対照するため、組成・糸の線密度が同じで平編地にむらが無い糸を選定した。この両者に対して、走行した状態で一定の張力になるように制御されたこれらの糸が、編針を通過した後の張力の測定（以下、摩擦試験と表記）を行い比較したところ、張力の状態にはっきりとした違いがあることが確認された。その違いとは、糸が編針を通過した後の糸の張力に起こる周期性のある大きな変動の有無である。従来、糸と針との間に起こる摩擦については、その平均的な摩擦に関しての研究が主に実施されている[11, 16]。しかしながら、このような針を糸が通過するときの張力変動について状態を解析したもの、さらにそれが編地に影響する要因かどうかなどの研究は見当たらなかった。

このように目面への影響要因として糸の摩擦物性が考えられる。ところが、摩擦物性には糸幅と関係があることが示されている[29]。さらに、双糸の場合、糸の見かけの幅と糸

の上撚りについては、2本の単糸を撚り合わせて双糸にするときに、太い部分よりも細い部分に撚りが多く掛かるので、糸幅と上撚りの回数には反比例の関係があることが知られている。

なお前述のように糸の質量むらが編地のむらに関係していることが知られていて、Warren Jasper らによって糸の質量むらと見かけの糸幅のむらに相関があることが言及されている[47]。また、糸の見掛け幅が編地の寸法に影響していることが指摘されている[46]。このことから、編地の特性を把握するのに、見かけの糸幅を測定する必要性があると考えられた。

生産性の観点から、横編機で使用される糸の摩擦の物性およびそれに関係する物性として糸幅、上撚りを測定することで、その糸を編成した平編地の目面を編成する前に推測する重要性に着目することにした。

1.4 本研究の目的と成果

以上の背景から、本研究では、特に横編機で使用される双糸を対象とした糸の物性の測定装置の開発を行う。その装置は、一定速度で走行する糸に対して、糸の摩擦、及び見かけの糸幅、上撚りを同時測定が行えるものとする。さらにこれらの項目を測定した糸を平編地にする場合、その目面と測定された各項目との相関を明らかにする。

まず、研究の端緒となった目面にむらが見られた平編地および対照とした糸の平編地に対する目面の対比・評価を行う。それらの編地の糸の糸むら試験および摩擦試験の結果の対比から、編地の目面の品質評価に対して摩擦試験の有用性の確認を行う。さらに、この摩擦試験結果の適用範囲を広げるため、横編機で通常使われている糸を対象として、摩擦試験と専門家による実際の平編地の目面の官能検査とを実施する。これらから、摩擦試験結果と横編機で編成された平編地の目面との相関について、一定の知見を得る。

さらに、摩擦に加えて光学的に見かけの糸幅・上撚りの物性を測定するため、本研究ではLED平面パネル照明とCCDカメラを採用する。この光学系で捉えた糸画像に対して、明度の閾値を用いることによって得られる糸本体部の画像に対して、平均化とFFT (Fast Fourier Transform) 処理によって、見かけの糸幅、上撚りに関するデータを取得。これに張力センサーと摩擦試験用ボードを組み合わせた摩擦測定用モジュールを連結することで、糸幅・上撚り・摩擦を同時測定できるシステムを製作する。

このシステムを使用した多種の糸の測定結果から、編地の目面のレベルを推測する評価式を導き、その妥当性を数種類の糸を使って確認する。これら糸の見かけの糸幅、上撚り、摩擦物性の測定・解析が、従来手法よりも短時間でできることを示す。別途、摩擦物性に特徴のある糸に対しては、個別に編地のむらの原因の推定などを行う。

このシステムを使うことで、編地の目面の良否を編成する前に予測が可能になる。また、製造工程上の機械トラブルなどで、糸に周期的なむらを発生させているものの推定も可能になる。横編機で編成される双糸に対して、このシステムの測定解析結果（評価）から、

なんらかの対応が必要と判断された場合を考えれば、まず測定対照の糸に直接加えることのできる改質作業として、糸の摩擦の低減を図ることを目的としたワキシングがある。さらに、本質的な改良としては、測定結果を元に、追加生産時に紡績レベルでの添加油剤（紡績油など）の変更・量の調整、製造工程での機械の調整・各設定値の修正などの指針を得ることが可能と考えられる。このような横編機で用いる糸の品質の改良・均質化を図ることが期待される。また、将来的には見かけの糸幅から編地寸法への定性的な影響を予測することも考えられる。

1.5 本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである。

第1章 「緒言」

本章では、研究背景について述べ、従来行われてきた研究成果を概観する。本研究の特性について明らかにするとともに、目的および目指す目標を述べる。

第2章 「編地の目面と糸の摩擦特性」

本章では、糸むら試験機での測定結果がほぼ同一の2種類の糸の、糸むら試験と摩擦試験による結果を比較する。そこで、両者の糸の横編機で編まれた平編地のむらには、摩擦試験の結果がその傾向を示す可能性があることを述べる。さらに、一般的に使用される糸の平編地の目面の官能検査を実施し、その目面の良否のランク分けを行う。このランクとこれらの編地の糸の糸むら試験及び摩擦試験の結果との対比を行い、摩擦試験の目面評価への有用性を検証する。

第3章 「双糸の見かけの糸幅、上撚り、摩擦係数の同時計測システムの開発」

前章の結果を受けて、摩擦の物性以外に、摩擦の物性に関係がある見かけの糸幅、上撚り回数を同時に測定するシステムを製作する。なお、測定対象となる糸は、一定速度で走行するもので、糸の張力も一定値に制御されるものとする。その測定手法、精度についての有効性を、統計的手法と実測定結果を含めて確認する。

第4章 「新システムによる双糸評価」

第2章において従来の摩擦試験で評価した糸を、第3章で示したシステムで、見かけの糸幅、上撚り、摩擦物性の測定を行ない、目面の官能試験との比較検討を行う。この検討では、まず平編地の目面に対する各物性の特性値の対比を行う。さらに、重回帰分析を行い、目面の官能試験結果と測定された物性との相関を求める。こうして得られた相関式の妥当性を、数種類の糸とその糸の編地を使って確認する。具体的には、この糸の開発されたシステムによる測定結果と相関式から評価値を求め、編地の官能評価結果と比較する。

第 5 章 「結論」

本章では，本研究の成果を総括した後，今後の課題・展望について議論する．

1.6 本論文について

本論文の 2 章は，繊維学会誌に掲載予定の論文[A. 1]と掲載された[A. 2]を基に書かれている．また，第 3 章は，繊維学会誌に投稿中の論文[A. 3]と[A. 4]を基に書かれている．第 4 章は，繊維学会誌に投稿中の論文[A. 1]，[A. 2]の結果からに基づいて書かれている．

なお，第 2 章で示した平編地の目面の品質と摩擦特性については[B. 1]に，また第 3 章で示された測定手法については[B. 2]に，特許として公開されている．

第2章 横編機の平編地の目面と糸の摩擦特性

2.1 はじめに

平編地の品質について、糸長方向の質量分布に強い周期性がある糸では、その糸の編地の表面に周期的なむらが生じることが、指摘されている[34]。また糸むら試験機での特性値、いわゆる、Thin, Thick, ネップの頻度によっては、編成中に糸切れが起こり稼働率の低下を招くことが指摘されている[30]。

謝辞に示している紡績工場では、通常、糸むら試験機で Thin-Thick, ネップ, 周期性, CV%などの特性値に、欠点と特定される値が確認された場合、そのような糸で編立てた編地の表面に欠点として確認されるようなむらが生じたり、編成中に糸切れが起きたりして、編地の品質を大きく損ねることがあるとして、糸むら試験機を運用している。

また、編地と糸の摩擦物性に関しては、アモントンの法則に基づいて、糸と針との間の摩擦と編成時の糸切れとの関係[11]、編機に掛ける糸の初期張力変動を抑制して、編地の品質を向上させる装置の製作[2]、編成時のループ長に対する挙動の理論的解析[16]など、一連の研究が行われてきている。ところが、実際に糸切れが発生して編成が困難な場合、日本国内のニットメーカーでは、糸の摩擦抵抗が大きいからだと判断して、摩擦低減のために糸にワックスを付着させるロウ引きを行って編成するという、実際の対応が行われることがほとんどである。そのため、そのような糸の摩擦物性を測定するのには至っていないことが、一般的に知られている。

ところで、頻度は少ないが、ウール 100%の双糸を用いたファインゲージの横編の繊維製品において、その平編地の部分にコース方向に欠点としての長さ数 cm の横筋が認識される、編地に凹凸のあるむらが生じたことが報告されている。このむらはアイロンなどでも修正が出来ないものであった。ところが、この糸の糸むら試験の結果には、その特性値から編地むら（編地の視覚的 surface 品質、以下同じ）の問題を起こすと判断されるレベルとは認められなかった。

その後、この糸の摩擦特性において、他の糸では見られない周期性があることが摩擦試験結果からわかった、しかし、このような編針と糸との接触時の摩擦物性、それは接触後の張力変動に関する研究については、糸の弾塑性と糸に接する物体の半径との関係における摩擦の変化の研究結果[29]などが散見されるだけである。編成時の針と糸の間に生じる張力変動として表わされる摩擦特性と編地むらに着目した研究は、ほとんど見当たらない。

そこで、まず、問題となった糸の特性を、対照とした糸との比較で明らかにすると共に、さらに同種の糸に対して同様の摩擦特性を持つように加工して、摩擦物性の測定とその糸で平編地の編成を行い、その物性値について検討を加える。

さらに、横編機で使われる繊維原料の異なる種々の双糸に対して、糸むら試験、摩擦試験、編立てを行い、平編地の目面と糸むらおよび摩擦試験結果との相関を調べる。またこ

れと同時に、問題となった張力変動が観測された糸と外観を似せるように試料糸を作成する．この糸の編地が、問題となった編地と同等のむらが起きるか確認を行う．

2.2 周期的摩擦（張力）変動と平編地の目面

2.2.1 はじめに

編地の目面が均一な平編地と目面にコース方向に筋のある平編地の糸、これら同じ線密度（番手）の異なる 2 種類の糸に対して、糸むら測定と摩擦測定 of 2 種類の物性測定を行った．これらの測定結果の比較から、この筋のある編地のむらの原因となった特性の推定を行い、その特性を有するように、この 2 種類の糸とは異なる別の糸に対して加工を行った．この糸の加工前後において、比較に必要と考えられる物性測定と編立てを行った．

2.2.2 実験

2.2.2.1 試料

この編地むらが観察された糸は、ウール 100%，41.7tex（番手 2/48）の双糸の梳毛糸である．この糸の対照試験用の糸として、編地の目面と摩擦特性に関する比較のために、個別に糸を選定した．これらの糸を Table 2.1 に示す．糸種 H が目面に問題があった糸、糸種 A が目面に関する対照用、糸種 I が糸種 H と同様な摩擦物性を付与した糸である．

Table 2.1 Yarns for test.

Yarn	Thickness tex (Count)	Color	Component	Note
H	41.7 (2/48)	Brown	Wool 100%	troubling yarn
A	41.7 (2/48)	Orange	Wool 100%	for visual quality
I	41.7 (2/48)	Blue	Wool 100%	for friction property

() shows metric count.

2.2.2.2 振り洗い処理

目面に問題のあった糸種 H と同等の摩擦物性（後述 2.2.3.1(2)）が現れるように、糸種 I を約 2.4m の総状態にして、その 1/4 周分を中性洗剤溶液中で 30 秒間振り洗いを行った．振り洗い後は、すすぎを十分に行い、自然乾燥させた．

2.2.2.3 測定・実験装置

(1) 糸むら試験機

糸むら測定には、zellweger uster 製 UT-3 型及び計測器工業株式会社製 KET-80B を用いた．測定条件は、前者が測定速度 100m/min，測定時間 5 分，測定回数 2 回，後者が測定速度 100m/min，測定時間 2 分，測定回数 1 回である．なお、両者共に Thin の閾値は - 50%，Thick の閾値は +50%，Nep の閾値は +200% とした．

なお、Fig. 2.1 に zellweger uster 製 UT-3 型の糸むら試験装置を示す．



Fig. 2.1 Evenness tester (UT-3).

(2) 摩擦測定装置

摩擦測定には、エイコー測器株式会社製糸物性測定装置（FPA/M）を用いた。糸の摩擦測定対象としては、編針の計測用ボードを用いた（以降、同条件）。その測定条件は、初期張力 98mN(10gf)、総掛かり角度 440 度、糸送り速度 30m/min、サンプリングタイム 100msec、測定時間 50 秒（測定長換算 25m）の条件とした。

これらの測定装置の概要を Fig. 2.2 に、測定用ボードを Fig. 2.3 に示す。この装置では、糸を走行ユニットによって一定速度で走行させ、この走行する糸の、針に掛かる前の張力が一定になるように、張力制御ユニットで制御し、針に掛かる前の張力（1 次側： T_1 ）と、針を通過した後の張力（2 次側： T_2 ）を張力センサーで検知している。

このようにして得られた 1 次側、2 次側の張力のデータ（ T_1 , T_2 ）から、平均摩擦係数をアモントンの法則に基づいた (2.1) 式で計算して求めた。

$$\mu = \frac{1}{\theta} \ln(\tilde{T}_2 / \tilde{T}_1) \quad (2.1)$$

ただし、 μ ：摩擦係数、 θ ：糸と針の掛かり角度(rad.)、 \tilde{T}_1 ：1 次側の張力の平均値、 \tilde{T}_2 ：2 次側の張力の平均値、とする。

また、 T_1 ：1 次側の張力、 T_2 ：2 次側の張力とすると、これらの関係は、一般的には以下に示す (2.2) 式で示される。

$$T_2 = T_1 e^{\mu\theta} \quad (2.2)$$

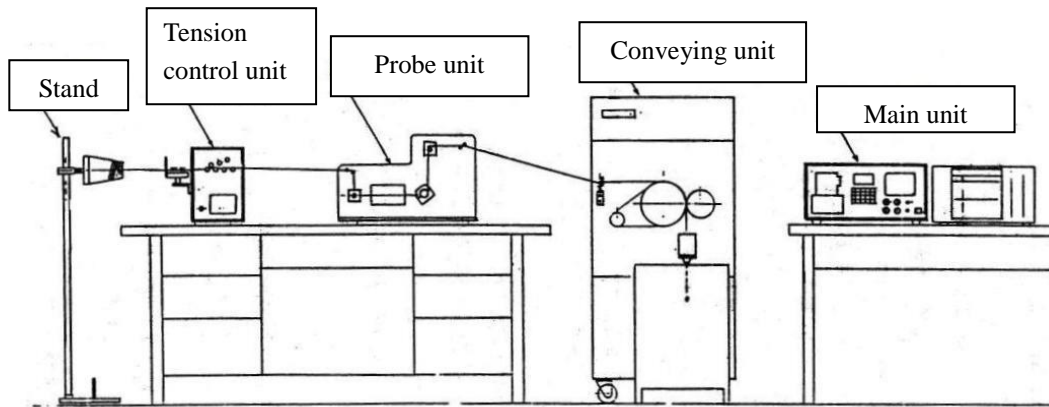


Fig. 2.2 The image of experimental setup for measuring friction between yarn and needles.

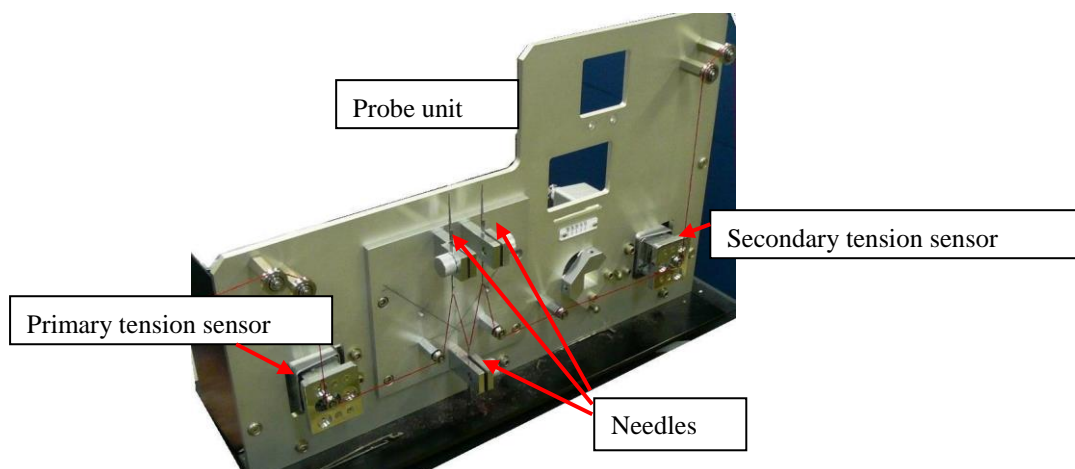


Fig. 2.3 Photo of probe unit and primary and secondary tension sensors.

(3) 編機

後述の Fig 2.6, Fig. 2.9 などに示す糸の編成には, Fig. 2.4 に示すような横編機を使用した. また, 比較する平編地は, 糸を 1 本取り, ループ長を約 5mm として編成した. また編地の仕上げは, 直本工業(株)製 NKS-200H によるスチームセット仕上げとした. その条件としては, 約 3 秒スチーム 3 秒バキュームを数回行い, 編地を整えた.

なお, この編機では編地に供給される糸の張力の変動を抑制する効果と, ループ長が一定になるようにする機能がある装置が備え付けられている.



Fig. 2.4 Flat knitting machine.

2.2.3 結果と考察

2.2.3.1 目面对照実験

(1) 編成と糸むら試験

平編地の目面に問題のあった糸種Hの糸と、その平編地の目面をFig. 2.5, Fig. 2.6にそれぞれ示す。またその欠点とされた部分の拡大画像をFig. 2.7に示す。外観の観察では編地のコース方向に見られる筋状の欠点の部分は、他の部分に比べてカバーファクターが大きいと見られた。



Fig. 2.5 Yarn for problem fabric. (Yarn “H”)

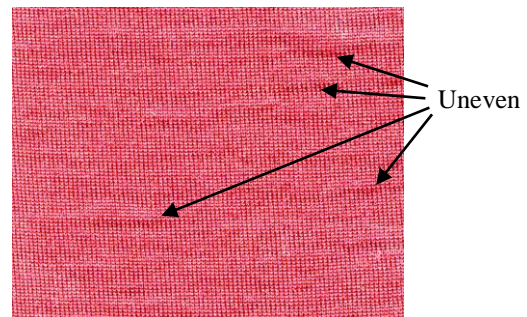


Fig. 2.6 Problem fabric.

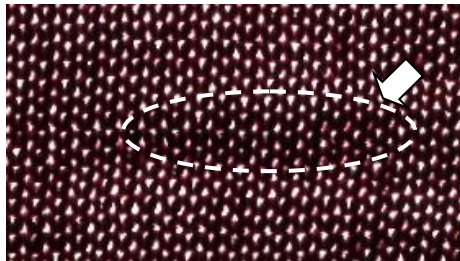


Fig. 2.7 Enlarged transmission image at fault. (Oval part shows that cover factor looks larger than usual.)

この糸種Hの編地の目面に関して対照とした、糸種Aの糸とその平編地の目面をFig. 2.8, Fig. 2.9にそれぞれ示す。この平編地の目面は均一であることがわかる。なお両者の糸の外観には、特に大きな違いは見られなかった。

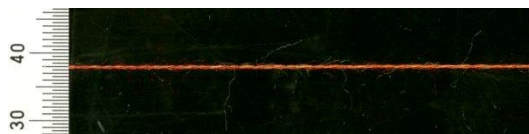


Fig. 2.8 Yarn for comparing. (Yarn “A”)



Fig. 2.9 Appearance of knitted fabric for comparing yarn.

この糸種Hと糸種Aの糸むら試験における特性値, 質量むら CV%(標準偏差と平均との比, 単位: %), IPI 値 (単位長さ: 1km あたりの, Thin, Thick, ネップの個数) を Table 2.2 に, 単位長さ当たりの糸質量のヒストグラムを Fig. 2.10(a), (b)に, 糸長方向の質量分布の周期性を解析したスペクトラムを Fig. 2.11(a), (b)に, 対比してそれぞれ示す.

Table 2.2 Mass irregularity and faults of yarn.

Yarn	CV % of mass	Thin places (-50 %)	Thick places (+50 %)	Neps (+200%)
H	11.17	0	0	0
A	12.16	2	3	5

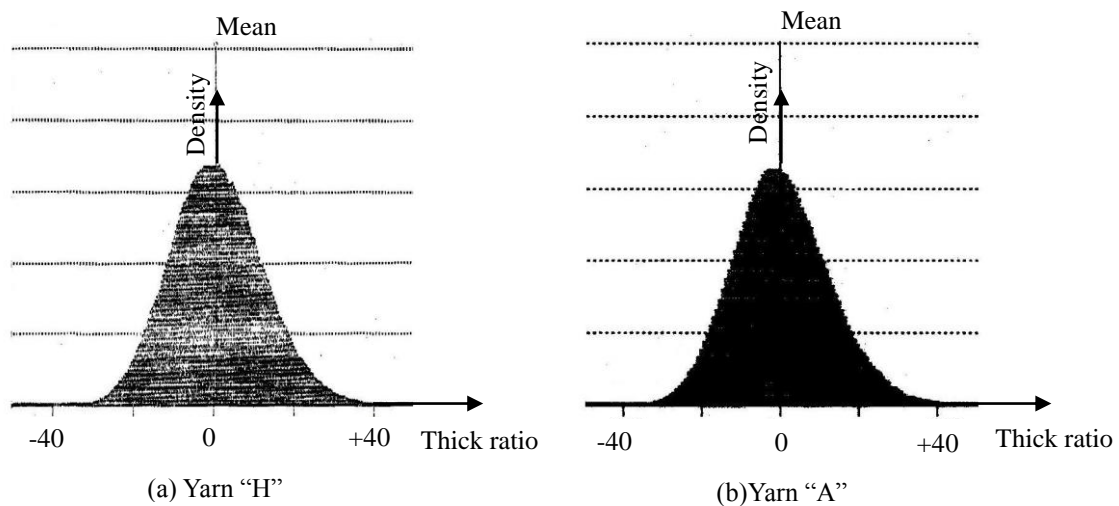


Fig. 2.10 Histograms of yarn mass

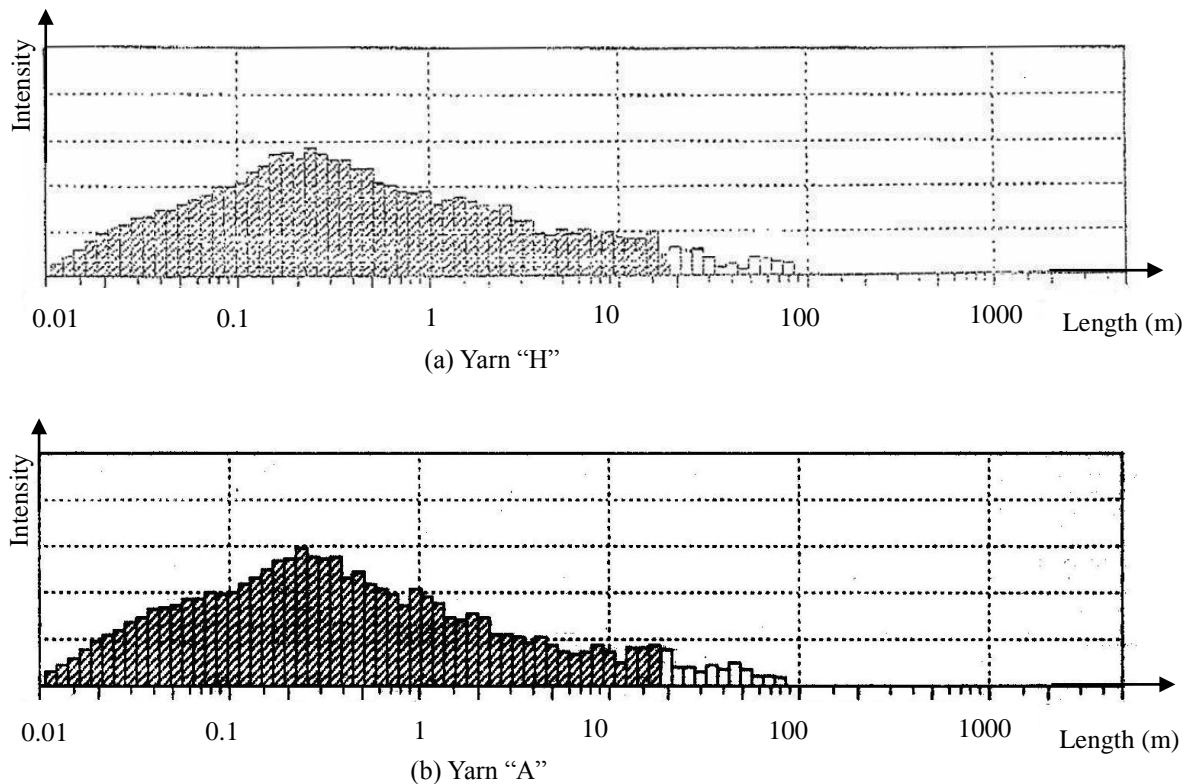
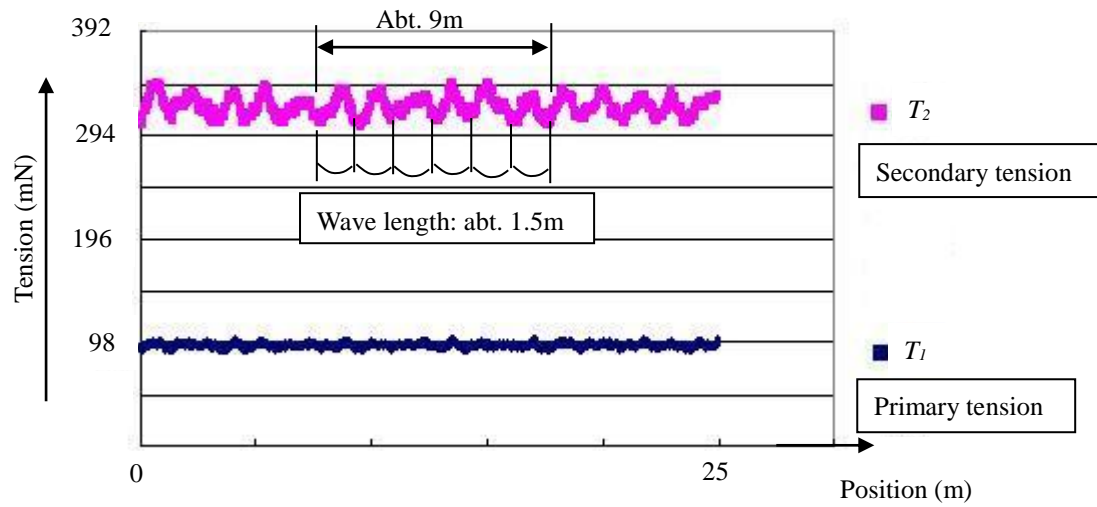


Fig. 2.11 Spectrums of yarn mass.

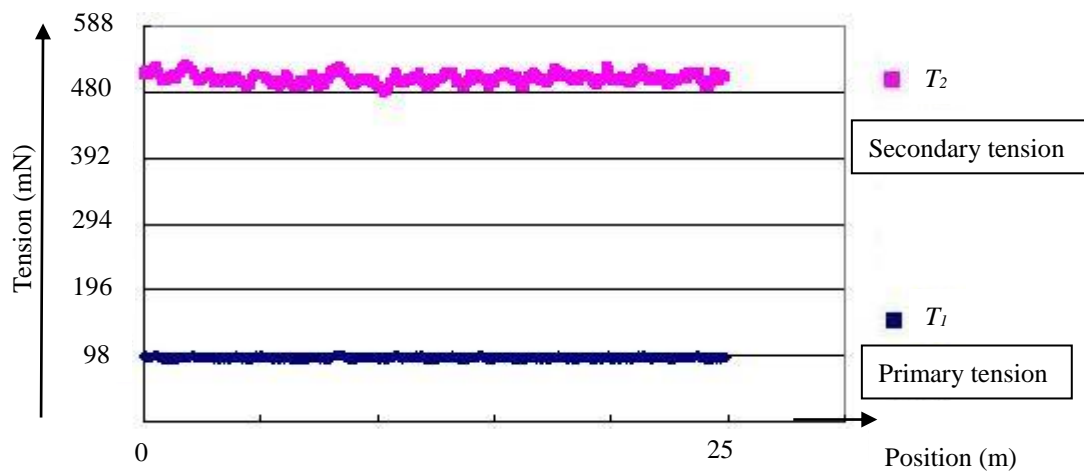
この2種類の糸について、Table 2.2 に示した特性値であれば、一般的には標準以上の品質の糸と評価されること、Fig. 2.10 からは質量分布に偏りが無いこと、Fig. 2.11 からは特に工程上に問題とされるような周期性がないこと、これらのことから、この2種類の糸の糸むら試験結果には、これらの編地の目面の違いを示唆する要因は見当たらなかった。

(2) 摩擦測定試験

糸種 A と糸種 H の摩擦測定の試験結果について、1次側張力 (T_1) と2次側張力 (T_2) の測定された張力変動の時間経過を Fig. 2.12 (a), (b) にそれぞれ示す。また、(2.1) 式で計算した平均摩擦係数を Table 2.3 に示す。これらの測定結果から、2種類の糸の針を通過する前の1次側張力 (T_1) の値がほぼ一定に制御されていることがわかる。ところが、針を通過した後の2次側張力 (T_2) については、編地の目面に問題のない糸 (糸種 A) では周期性がほとんど確認できないのに対し、欠点があると判断された編地の糸 (糸種 H) では波長約 1.5m の周期性のある大きな張力変動が生じているのが確認できる。



(a) Yarn "H".

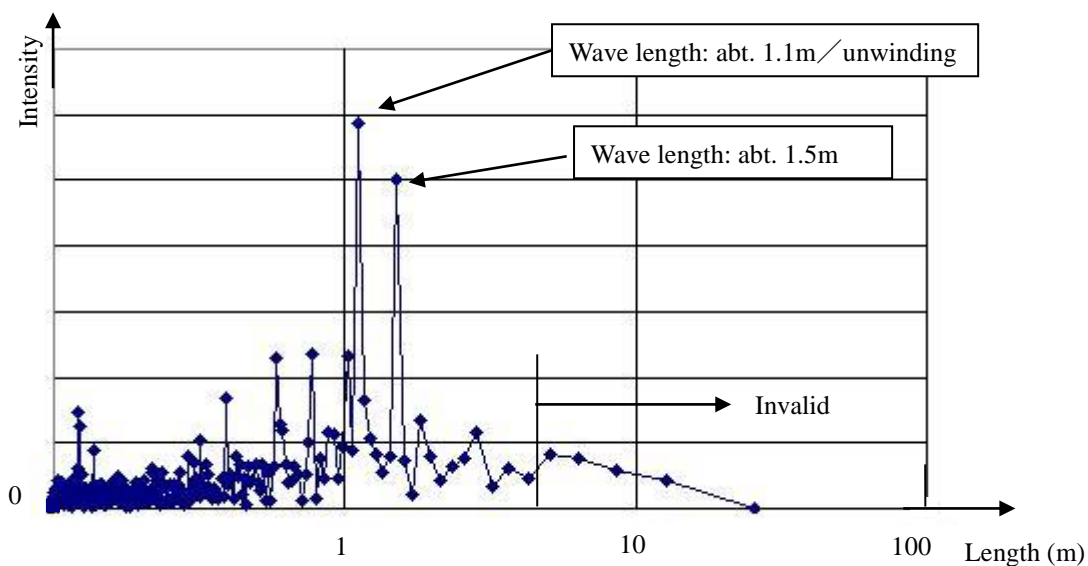


(b) Yarn "A".

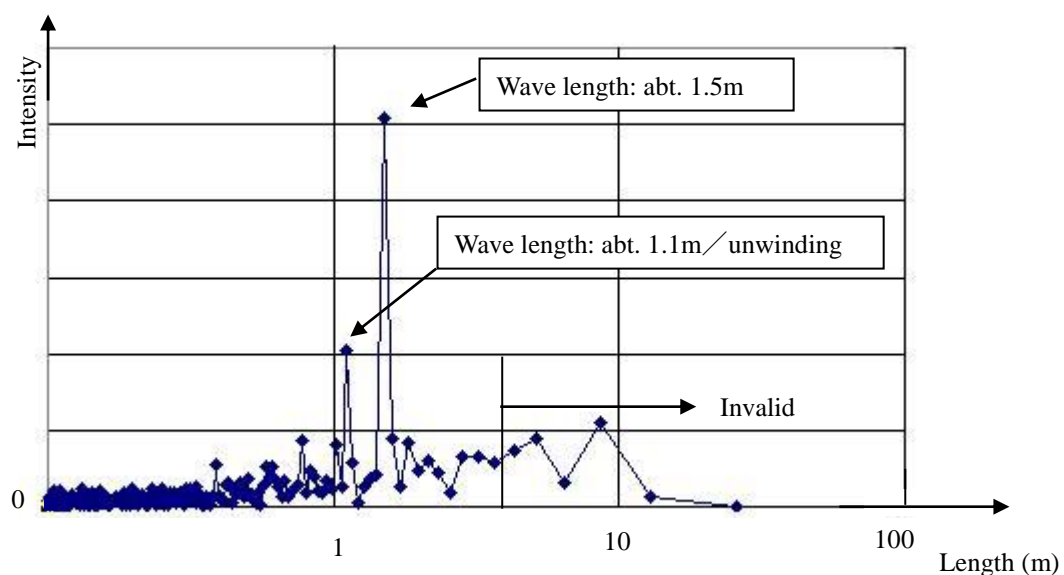
Fig. 2.12 Time histories of yarn tension.**Table 2.3** Friction coefficient.

Yarn	Component	Average value
H	Wool 100%	0.158
A	Wool 100%	0.218

それぞれの糸種 H と糸種 A の 1 次側, 2 次側の張力変動を FFT で周波数解析したものを Fig. 2.13(a), (b), Fig. 2.14(a), (b)にそれぞれ示す. これらから, 糸種 H については, 1.5m の波長成分に関して 1 次側と 2 次側の張力を比べると, 編針通過後の 2 次側で, 波長 1.5m の張力変動が, 波長 1.1m の張力変動よりも顕著になっている. なお, 糸種 A については, このような挙動は見られなかった. なお, 波長約 1.1m の周期成分はコーンからの解じょ抵抗による成分である.

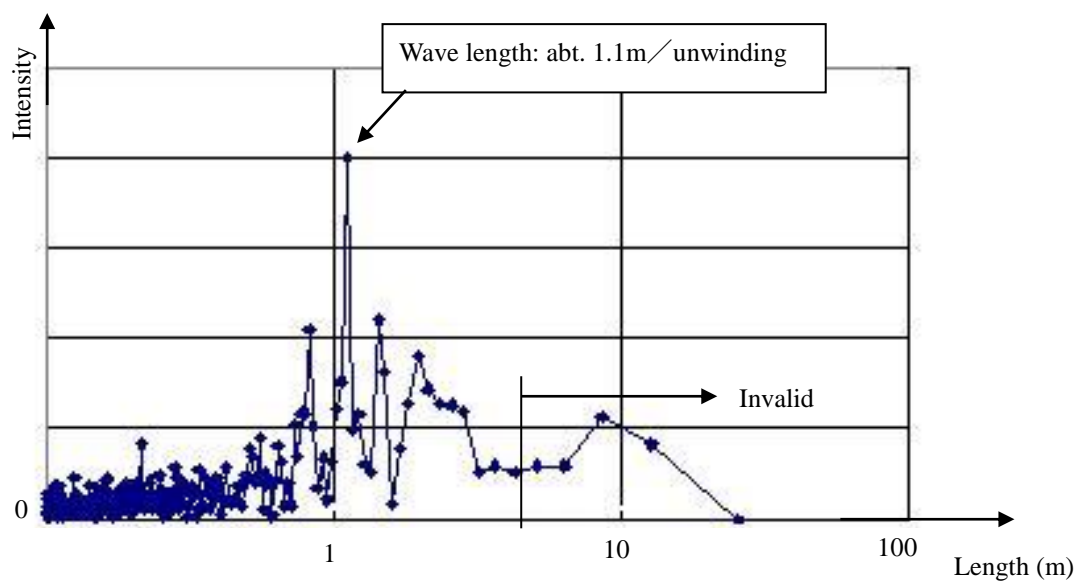


(a) Primary tension (T_1).

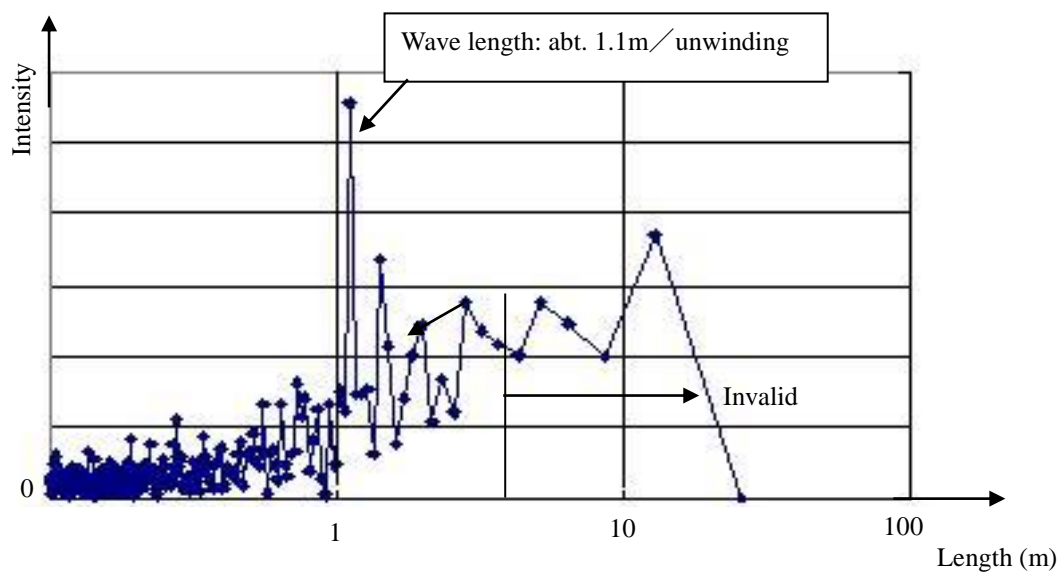


(b) Secondary tension (T_2).

Fig. 2.13 Fourier spectrum of yarn tension in case of yarn “H”.



(a) Primary tension (T_1).



(b) Secondary tension (T_2).

Fig. 2.14 Fourier spectrum of yarn tension in case of yarn “A”.

以上の糸種 A と糸種 H, 両者の比較から, 糸種 I と同様な 2 次側の張力に周期性の変動が見られるような糸による編地, 物性の確認が必要と考えられた。

2.2.3.2 摩擦特性対照実験

Fig. 2.12(a)で測定されたような 2 次側張力に周期性のある張力変動が測定されるように、糸種 I に振り洗い処理を施した。この糸の振り洗い処理をする前後のそれぞれの糸の部分を図 2.15 に示す。また、この糸種 I の糸むら試験からの特性値を Table 2.4 に、スペクトラムを図 2.16 に示す。この糸の糸むら測定結果には、特に問題視される特性値はないと判断できる。なお、複数の梳毛糸に対し一定距離毎にワックスを付与する方法も試した。しかしながら、この方法ではこのような周期性は得られなかった。

この糸の、振り洗い処理前後の摩擦試験結果を図 2.17 (a), (b)に示す。Fig. 2.12 (a)に見られたような 2 次側の張力変動が、振り洗い処理後の糸で測定されている。

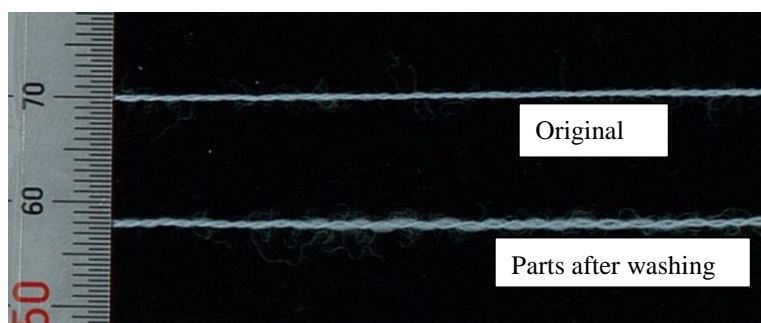


Fig. 2.15 Yarn for comparing with friction (Yarn “I”).

Table 2.4 Mass irregularity and faults of yarn “I”.

Yarn	CV% of mass	Thin places (-50 %)	Thick places (+50 %)	Neps (+200%)
I	12.09	0	0	5

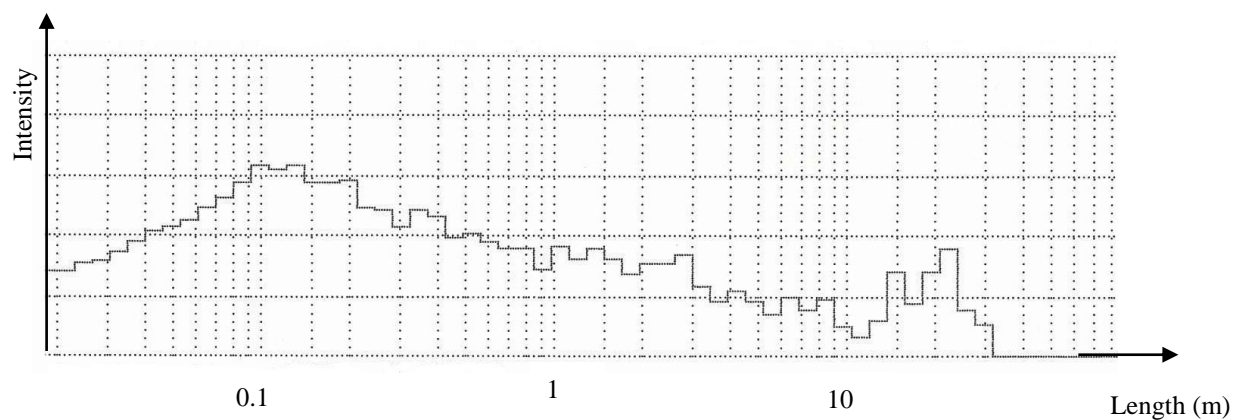
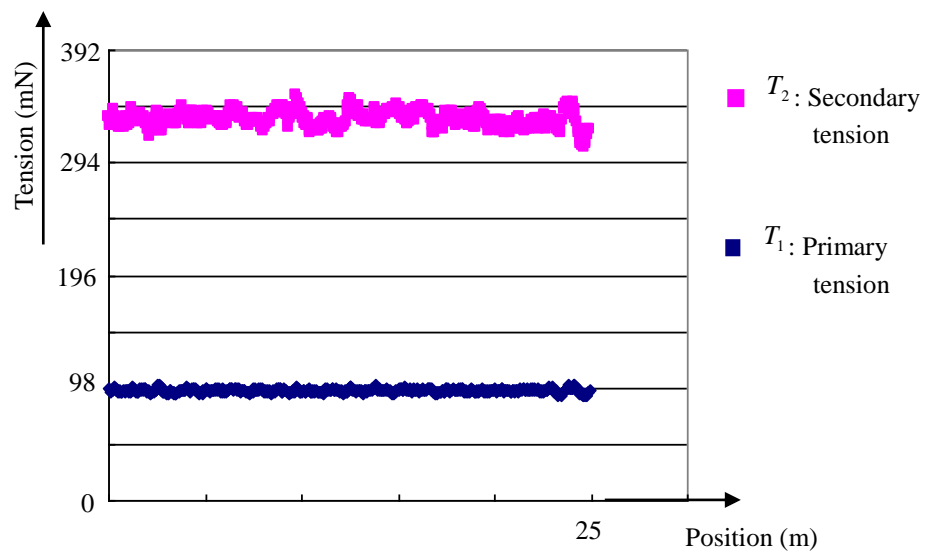
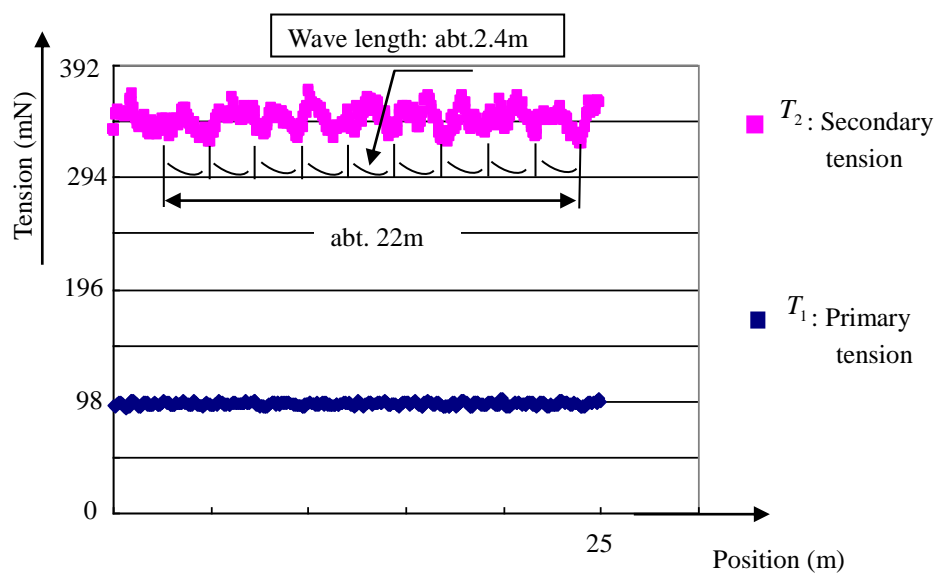


Fig. 2.16 Spectrums of yarn mass for yarn “I”.



(a) Original



(b) After processing

Fig. 2.17 Time histories of tension for yarn "I".

この振り洗い処理を行った糸種 I の糸で編成した平編地を、編立て直後の状態とセット後の状態のものを Fig. 2.18(a), (b)にそれぞれ示す。編立て直後は 2.4m の周期でウェール方向に等間隔の凹凸を伴った筋が生じている。しかしながら、セットを行うことで、これらはほぼ消失した。

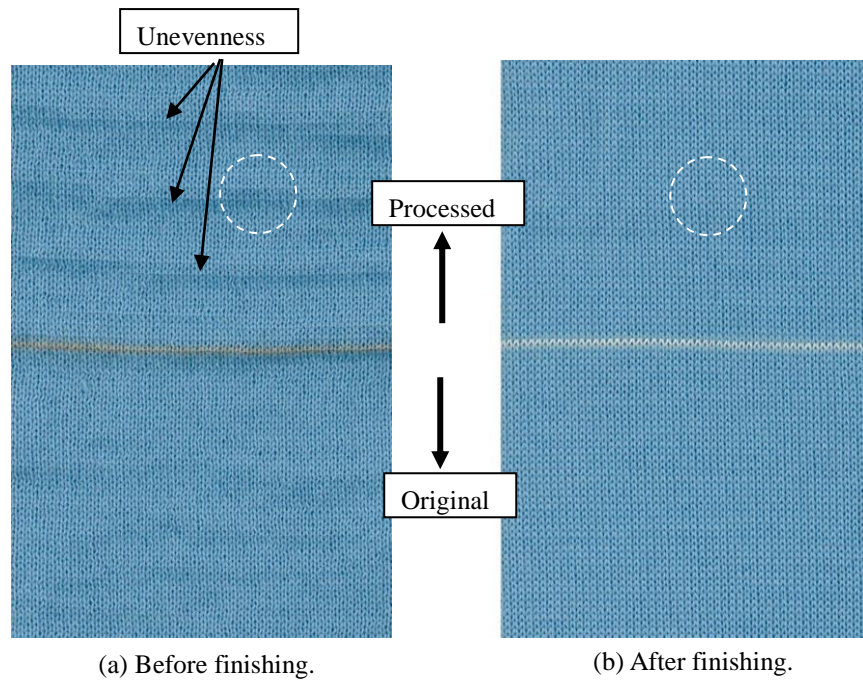


Fig. 2.18 Knitting fabric of processed yarn “I”.

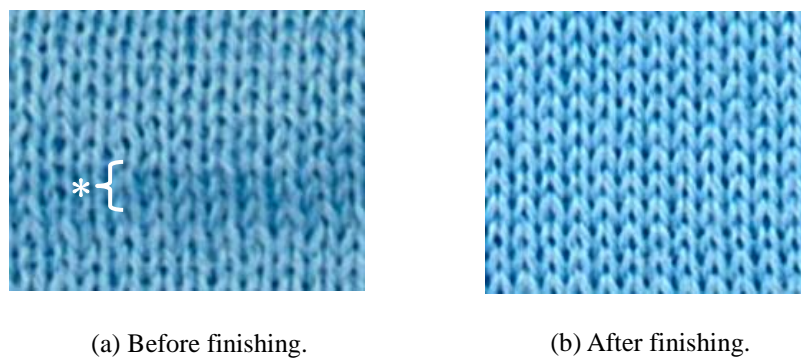


Fig. 2.19 Enlarged image at circles in Fig. 15 of processed yarn “I”.
 (“*” part shows that loops’ height is a little shorter than usual.)

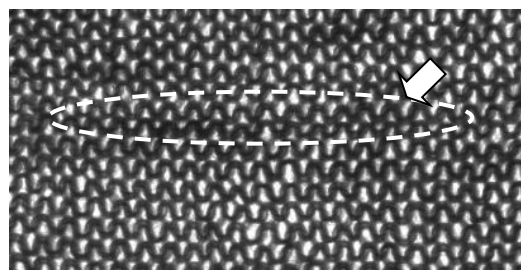


Fig. 2.20 Enlarged transmission image at fault.
 (Oval part shows that cover factor looks larger than usual.)

Fig. 2.18(a)に見られた凹凸の一部分を、仕上げ後の状態のものとあわせて、それぞれ Fig. 2.19(a), (b)に拡大して示す。図中の“*”で示した部分のループの丈は約 0.9mm で、それ以外の部分が約 1mm であった。この編地の透過光画像を Fig. 2.20 に示す。外観の観察では欠点の部分は他の部分に比べてカバーファクターが大きくなるという点で、Fig. 2.7 に示した糸種 H の編地の欠点と類似している。

解じょ張力の周期成分、波長約 1m の周期は、編地の Fig. 2.18(a)には表れていなかった。このことから、解じょ抵抗による張力変動の影響は横編機では丸編機ほど大きくはないと考えられる。

以上の結果から、糸の摩擦特性に周期的変動をもたせるために、総の状態でその一部を洗うという処理を行うことにより、摩擦特性の周期的変動を一定程度再現できたと考える。

2.2.4 まとめ

平編地に横筋を生じさせた糸(糸種 H)については、目面が均一な平編地の糸(糸種 A)との比較で、編針の試験ボードを使った摩擦試験での 2 次側の張力に、周期性のある相対的に大きな変動が生じていることが確認された。なお、この両者の糸の糸むら試験結果では、これらの糸の特性値に対して指摘されるような項目はなく、編地に何らかの欠点を生じさせるような要因は見られなかった。

そこで、この 2 次側の張力に周期性のある大きな変動が起きる糸を作成した。糸種 H と同じ組成(ウール 100%, 梳毛糸)、同じ番手の糸を総状態にして、その一部を洗剤溶液中で振り洗いするという加工を加えて、摩擦測定で 2 次側に総の長さの周期性の張力変動が起きる糸が作成できた。なお、この糸も糸むら試験の各項目について、編地に何らかの欠点を生じさせるような特性値は見られなかった。

この振り洗い加工を行った糸を編立てたところ、編成直後では平編地表面に周期的な、ウエール方向に一定のピッチで凹凸を伴った横筋が見られた。これは、前述の編地の欠点と性状が類似していた。しかしながら、この横筋は編地のセット後に消失した。

これらの実験から、ここで報告した糸種 H の平編地に横筋として見られた欠点には、糸と針との摩擦で生じる張力の変動が関係しているとしても、ループへの影響の程度がこれよりも大きいのか、さらに他の要因が重畳しているものと考えられた。

なお、ここではその摩擦(張力)特性のために振り洗い処理を行ったが、実際の製造工程では、ここで行ったような総の状態でその一部が洗いを受けるような状況は一般的には考えられない。

2.3 平編地の目面評価と摩擦試験の比較

2.3.1 はじめに

2.2 節で測定対象となった糸については、摩擦物性に特徴があり、それが編地の目面に影響を与えている、ということで各測定を行った、ところで、一般的に横編機で使われる糸を対象に、目面と摩擦物性について定量的なデータに基づいた検討は行われていない。

そこで、まず、一般的に横編機で使われる糸を選択し、さらに Fig. 2.6 に示したような編地むらを起こした糸種 H に対しては、対照糸として振り洗いの加工をした試験糸に代わり、外観を似せた生成り糸とそれを総染めした糸を再度の試験糸として作成した。これらの糸に対して、糸むら試験と摩擦試験を実施した。これらの糸で編成される平編地に対し、経験者による、編地の表面品質つまり目面の良し悪しを判定する官能試験を実施した。これらの物性測定と官能試験結果から、編地の目面と糸むら試験の特性値および摩擦特性との相関を検討した。

2.3.2 実験

2.3.2.1 一般試料糸

平編地作成および糸むら試験と摩擦試験に使用する、一般的に横編機に供される双糸を Table 2.5 に示す。糸の番手を見ればわかるように、1 本取りでおよそ 8~10 ゲージ以上の編機で使われる糸を対象にしている。また、横編機での使用における、ウール、綿、麻など全般的な素材を考慮した。

なお、Table 2.5 における、糸種 H がコース方向に数 cm の筋のある平編地の糸であり、糸種 A はその対照とした編地の糸である。

Table 2.5 General yarn for examination.

Yarn	Thickness tex (Count)	Color	Component
A	41.7 (2/48)	Orange	Wool 100%
B	50.0 (2/40)	Yellow	Silk 35%, cashmere 35%, wool 30%
C	59.1 (20/2) ¹⁾	White	Linen 100%
D1	59.1 (20/2) ¹⁾	Red	Cotton 100%
D2	59.1 (20/2) ¹⁾	White	Cotton 100%
E1	100.0 (2/20)	Blue	Wool 100%
E2	100.0 (2/20)	Orange	Wool 100%
F1	66.7 (2/30)	Red	Wool 100%
F2	66.7 (2/30)	White	Wool 100%
G1	76.9 (2/26)	Red	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%
G2	76.9 (2/26)	White	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%
H	41.7 (2/48)	Brown	Wool 100%

1): English count. (Other: metric count.)

2.3.2.2 試作試料糸

糸種 H の対照用として、平編地の作成および糸むら試験と摩擦試験に使用する糸を Table 2.6 に示す。これらの糸の組成は、糸種 H と同様にウール 100% である。

Table 2.6 に示す糸は、以下の糸種 H への外観目視検査結果を基に、同じ特性を持つように試作されたものである。その外観目視検査は、紡績糸の品質管理の責任者に実施してもらった。検査で捉えた特徴について Fig. 2.21 に双糸を構成する単糸の状態を、Fig. 2.22

にこの糸の拡大図をそれぞれ示す．これらから以下の特徴が把握された．

- 1) Fig. 2.21 から，双糸を構成する単糸の糸幅の差が比較的大きい場合がある．
- 2) Fig. 2.22 から，部分的に見た目の糸幅の差が比較的大きいところがある．

ここでは，1)に注目して，番手が異なる単糸を撚糸することで，それを再現できると仮定した．まず，生成りの単糸 1/40 と 1/56 とを撚糸したのが，糸種 RW 2/48 である．なお，これらの単糸の原料はウール 100%として同じ組成とした．しかしながら，全く同一の原料・製造分ではない．そこで，この撚糸した元の単糸の影響を確認するため，それぞれの単糸を合わせて撚った双糸が，糸種 RW2/56，糸種 RW2/40 である．糸種 H が総染めと考えられたので，これらの総に酸性染料を使って染色を行ったのが糸種 YD2/48，糸種 YD2/40，糸種 YD2/56 で，合計 6 種類の試料糸である．撚り数については，Table 2.6 に示している．設計上上撚りを少なくして，甘撚りにすることで撚りの影響も考慮することとしている．また，これらの糸には撚り止めの処置は施さなかった．

Table 2.6 Trial yarn for examination.

Yarn	Thickness tex (Count)	Specific
RW 2/56	35.7 (2/56)	Twist 2 plies of row material 1/56 ¹⁾ with 250turns/m of final twist.
RW 2/40	50.0 (2/40)	Twist 2 plies of row material 1/40 ²⁾ with 250turns/m of final twist.
RW 2/48	41.7 (2/48 ³⁾)	Twist row material 1/40 and 1/56 with 250turns/m of final twist.
YD 2/56	35.7 (2/56)	Yarn-dyeing of "RW 2/56"
YD 2/40	50.0 (2/40)	Yarn-dyeing of "RW 2/40"
YD 2/48	41.7 (2/48 ³⁾)	Yarn-dyeing of "RW 2/48"

1) Row material 1/56 is single ply yarn with 530turns/m.

2) Row material 1/40 is single ply yarn with 500turns/m.

3) Yarn count nearly equivalent "2/48".

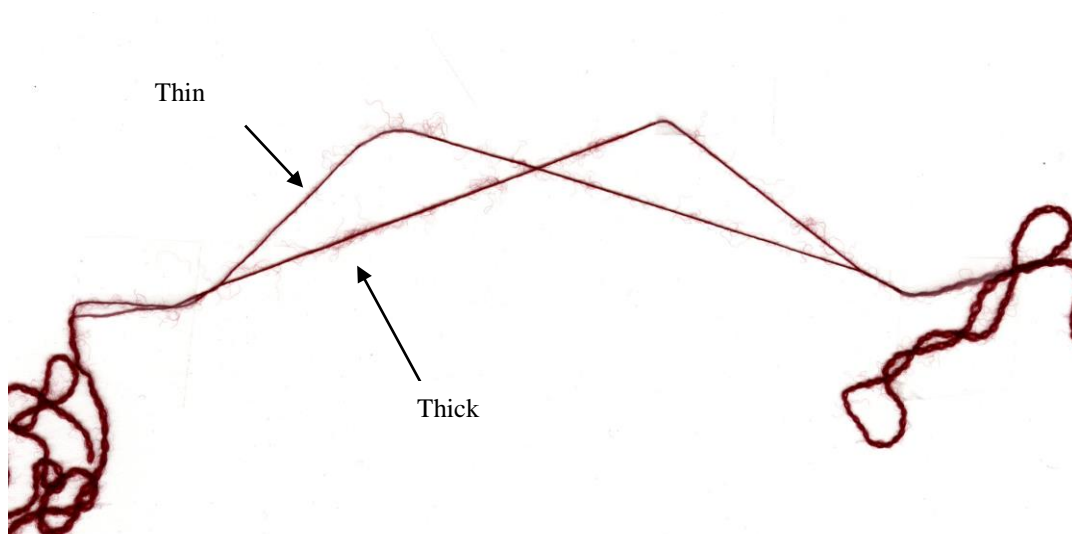


Fig. 2.21 The condition of mono-ply staple yarn composed original yarn (Yarn "H").

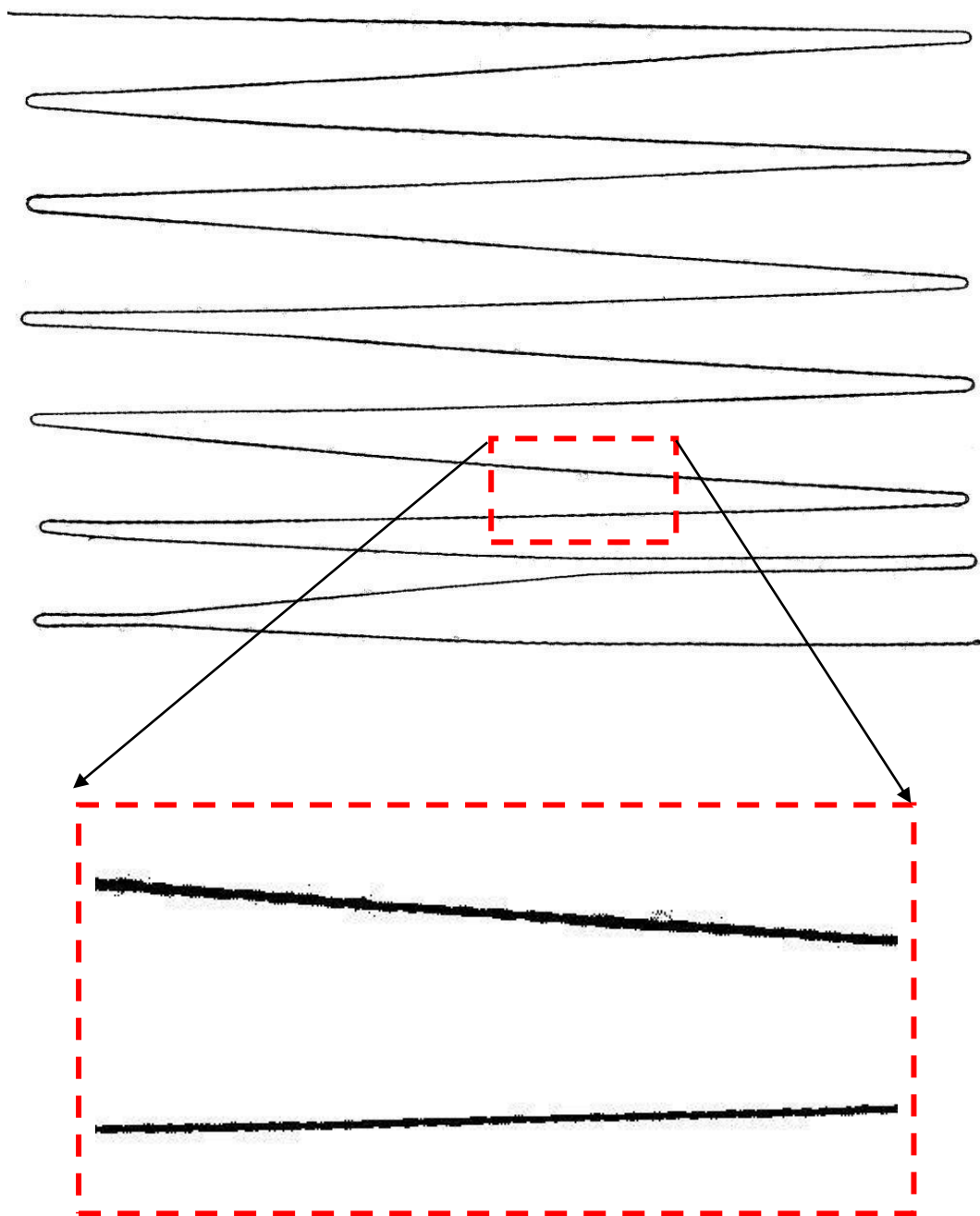


Fig. 2.22 Appearance of the original yarn (Yarn “H”).

なお、糸種 H に相当するのは糸種 YD2/48 であり、その糸を Fig. 2.23 に示す。双糸を構成する単糸の幅の差はあるが、Fig. 2.22 にみられた部分的な糸幅の差は、それほど見られなかった。

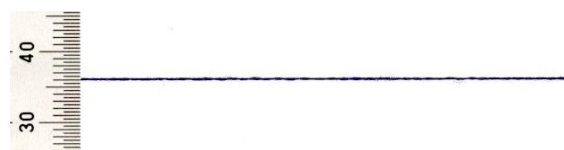


Fig. 2.23 Trial yarn corresponding to yarn “H”.

2.3.2.3 編地

Table 2.5, Table 2.6 に示す糸の編地については、適正とされる 10～14 ゲージの編機を使って、Fig. 2.9 に示すような 1 本取りでの平編地を作成した。いずれの編地も原則として、編成後に直本工業㈱製 NKS-200H によるスチームセットでの仕上げを行った。

なお、Table 2.6 の試作試料糸を編成した編地のうち、“RW” の 3 種類には、編成後、総染めを行ったのと同じ染料でピース染めを行ったので、これら 6 種類の糸は洗い工程を経てから、スチームセット仕上げを行った。

2.3.2.4 糸むら試験機

糸むら試験には、2 種類の試験機を使用した。

まず、Table 2.5 に示す糸に対しては、糸むら試験機 zellweger uster 製 UT-3 型を使用した。測定速度は、100m/分、測定時間は 5 分、測定回数は 2 回としている。また、Thin の閾値は - 50%，Thick の閾値は +50%，Nep の閾値は +200% とした。（なお、各閾値の百分率は、測定される糸の平均質量に対する増減分を表わす）

Table 2.6 に示す糸に対しては、糸を紡績したメーカーが所有している計測器工業株式会社製 KET-80B を用いた。測定速度は、100m/分、測定時間は 2 分、測定回数は 1 回とし、Thin の閾値は - 50%，Thick の閾値は +50%，Nep の閾値は +200% とした。

2.3.2.5 摩擦試験装置

糸とメリヤス針との摩擦の計測装置は、2.2.2.3 節の Fig. 2.2, Fig. 2.3 に示すものである。この摩擦試験装置では、糸を走行ユニットによって一定速度で走行させ、この走行する糸の針に掛かる前の張力が一定になるように張力制御ユニットで制御し、針に掛かる前の 1 次側張力 (T_1) と、針を通過した後の 2 次側張力 (T_2) を張力センサーで取り出している。その後、これらのデータを AD 変換して PC で取得し、摩擦係数、糸の張力変動に関する数値を求めた。

測定条件を、初期張力 98mN(10gf)、総掛かり角度 440 度、糸送り速度 30m/min、サンプリングタイム 100msec、測定時間 50 秒（測定長 25m）として計測を行った。

2.3.2.6 編地の目視評価

編成された平編地の目面の評価については、常時、紡績糸の品質管理で編地の作成・目面の検査を行っている責任者に、同一光源下で G(Good), F(Fair), B(Bad) の三段階の評価を依頼した。一例として、G (Good) と評価された編地を Fig. 2.24 に、F (Fair) と評価された編地を Fig. 2.25(a), (b) に、B (Bad) と評価された編地を Fig. 2.26 に、それぞれ示す。

評価” G” の編地を示す Fig. 2.24 では、編目が均一であり、良い目面と判断される。評価” F” の編地の表目を示す Fig. 2.25(a) では粗さが目立たないが、裏目を示す Fig. 2.25(b) では、その表面に粗さが見られる。評価” B” の編地を示す Fig. 2.26 では、編地の表面に凹凸が見られ、さらに編地全体に濃淡がみられる。

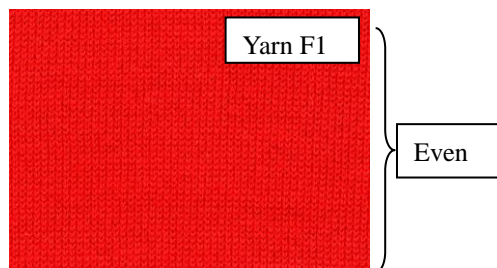


Fig. 2.24 Example for estimating “G”.

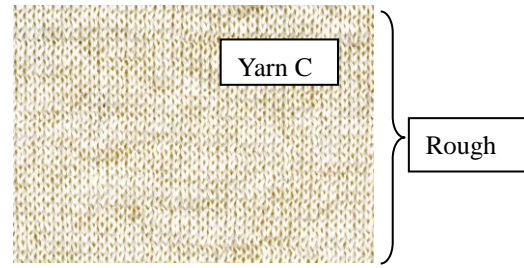
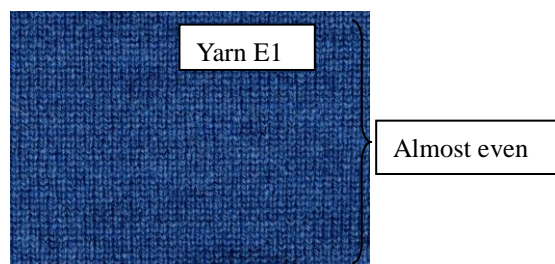
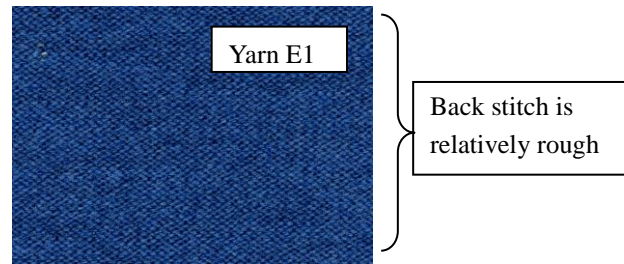


Fig. 2.26 Example for estimating “B”.



(a) Front stitches.



(b) Back stitches.

Fig. 2.25 Example for estimating “F”.

2.3.3 試験結果

2.3.3.1 一般試料糸

Table 2.5 に示した糸の、糸むら試験での糸質量変動の CV% (標準偏差と平均値との比：以下、質量むら CV%と表記)、IPI 値 (単位長さ：1km あたりの、Thin, Thick, Nep の個数)、編地の目視での目面の評価結果および摩擦試験での 2 次側の張力(T_2)変動の CV% (以下、摩擦 CV%と表記)と摩擦係数を、Table 2.7 にまとめて示す。なお、表中の摩擦係数は、アモントンの法則に基づいて(2.1)式で計算されている。

この Table 2.7 で見られるように、糸の質量むら CV%の値が比較的大きいもの (糸種 B, C, G1, G2) に対して、編地の目面に “B” 評価が出ている。また、これらの糸種の IPI 値は他の糸より大きい。しかし、糸種 H については、質量むら CV%の数値が、糸種 A よりも小さいにもかかわらず、目面評価は、糸種 H が “B”、糸種 A が “G” の評価となっている。また、糸種 H の IPI 値は、その他の糸に比べても低い。

一方、摩擦 CV%では、その値が比較的大きいもの (糸種 B, C, G1, G2, H) に対して、目面に “B” 評価が出ていることがわかる。ただし、糸種 H は、この中でやや数値が小さい。

編地の目面の評価 “G” と、“F” および “B” との差については、評価 “F” の糸種 E1, E2 に着目すると、糸種 E1, E2 の質量むら CV% (9.64, 8.94) が、評価 “G” の糸種の値(9.70 ~12.16)より小さいかほぼ等しいのに対し、摩擦 CV%では、それぞれ (2.75, 2.52), (1.40 ~2.87)となり、糸種 D1 (Color : Red) の値 (2.87) を除いて、評価 “G” の糸種の値より大きいかほぼ等しいことがわかる。

Table 2.7 Relationship between appearance qualities of knitted fabric for general yarn and mass irregularity or friction variety.

Yarn	Thickness tex (Count.)	Color	Component	CV% of mass	Thin (-50%)	Thick (+50%)	Neps (200%)	Appearance quality ²⁾ of fabric	CV% of friction	Friction coefficient.
A	41.7 (2/48)	Orange	Wool 100%	12.16	2	3	5	G	1.40	0.218
B	50.0 (2/40)	Yellow	Silk 35%, cashmere 35%, wool 30%	21.38	358	1090	1292	B	4.08	0.263
C	59.1 (20/2) ¹⁾	White	Linen 100%	19.20	98	643	515	B	5.20	0.316
D1	59.1 (20/2) ¹⁾	Red	Cotton 100%	9.70	0	0	2	G	2.87	0.221
D2	59.1 (20/2) ¹⁾	White	Cotton 100%	9.83	0	2	0	G	2.11	0.214
E1	100.0 (2/20)	Blue	Wool 100%	9.64	0	1	1	F	2.75	0.266
E2	100.0 (2/20)	Orange	Wool 100%	8.94	0	6	7	F	2.52	0.259
F1	66.7 (2/30)	Red	Wool 100%	10.24	1	2	1	G	1.54	0.173
F2	66.7 (2/30)	White	Wool 100%	9.30	0	0	0	G	2.58	0.188
G1	76.9 (2/26)	Red	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	19.37	10	519	383	B	3.75	0.275
G2	76.9 (2/26)	White	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	19.52	5	579	368	B	3.20	0.263
H	41.7 (2/48)	Brown	Wool 100%	11.47	0	0	4	B	2.83	0.158

1): English count. (Other: metric count.)

2): As follows, G: Good, F: Fair, B: Bad.

なお、Table 2.5 に示した糸の、糸むら試験の質量分布のヒストグラムおよびスペクトラムの測定結果の一例として、目面の良い編地として生地種 F1 の、悪い編地として糸種 G1 のそれぞれの摩擦試験も含めた測定結果をそれぞれ、以下のパラグラフ(a), (b)にまとめて示す。これらの糸の質量分布はガウス分布を示していて偏りは見られず、糸の質量むらの周期性にも問題と指摘されるものは見られない。その他の糸もこの糸種 F1, G1 と同様に、質量分布、スペクトル共に、偏りや周期性の問題は見られなかった。

摩擦試験の結果については、糸種 H の結果である Fig. 2.12(a) に対して比較のため、目面の良くなかった糸種 G1 を摩擦測定した時間経過での張力の結果を Fig. 2.35 に示す。糸種 H は、2 次側張力変動に周期性を有している。糸種 G1 の 2 次側の張力変動を示す Fig. 2.35 では、その変動幅は比較的大きい。しかしながら、糸種 H のような周期性は見られない。糸種 G1 の摩擦試験での 2 次側の張力の FFT 解析結果を Fig. 2.36(b) に示す。これにも強い周期性（周期性のある振幅の比較的大きな変動）は確認されない。

このように、糸種 H を除いたその他の糸には、2 次側の張力の変動に強い周期性は見られなかった。

(a) 糸種 F1 の目面(評価 “G”)と各計測結果
糸種 F の編地を Fig. 2.27 に示す. 目面は均
一で “G” と評価されている.

この編地の糸について, Table 2.8 に糸質量
の CV% と IPI 値, Fig. 2.28 に糸質量ヒストグラ
ム, Fig. 2.29 に糸質量のスペクトログラムを
示す.

摩擦試験結果を Fig. 2.30 に示す. さらに,
Fig. 2.31(a), (b) に, 1 次側張力 (T_1), 2 次側
張力 (T_2), それぞれの FFT 解析結果を示す.

測定結果には, 指摘されるような問題は見当
たらない.

Table 2.8 Mass irregularity and yarn faults for yarn “F1”.

CV% of mass	Thin places (-50 %)	Thick places (+50 %)	Neps (+200%)
10.24	1	2	1

IPI values are shown per 1km.



Fig. 2.27 Appearance of knitted fabric made of yarn “F1”.

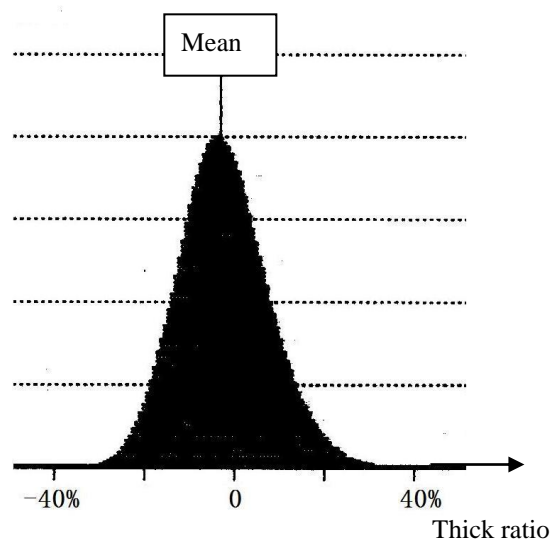


Fig. 2.28 Histogram of yarn mass for yarn “F1”.

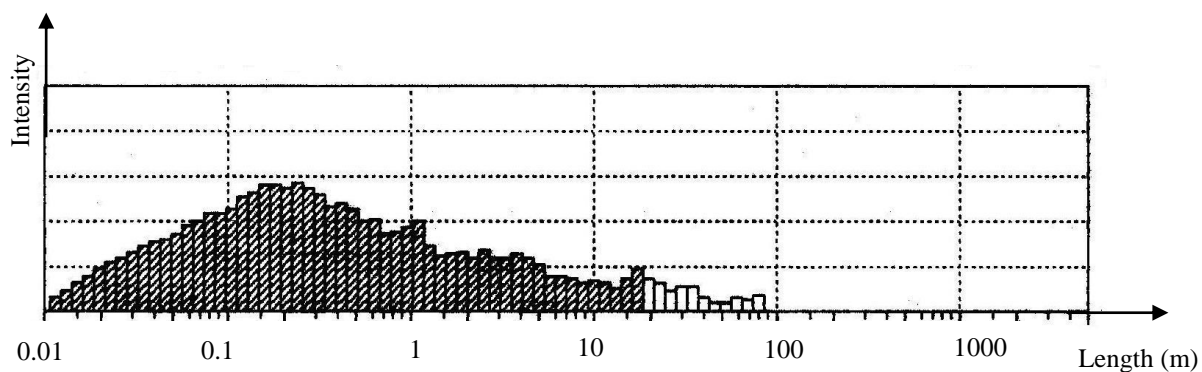


Fig. 2.29 Spectrums of yarn mass for yarn “F1”.

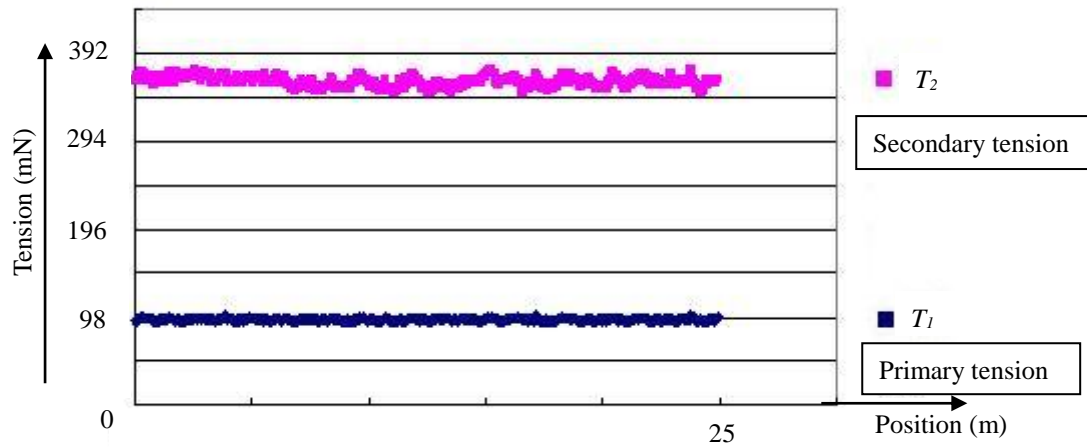
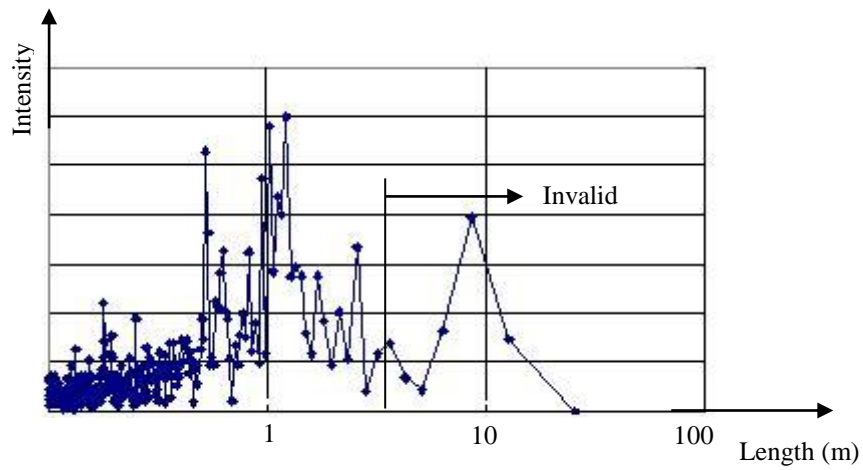
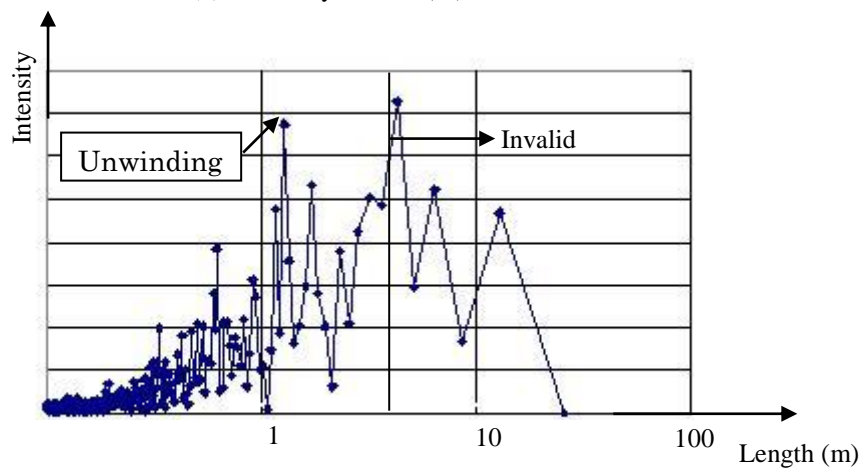


Fig. 2.30 Time histories of tension for yarn "F1".



(a) Primary tension (T_1).



(b) Secondary tension (T_2).

Fig. 2.31 Fourier spectrum for yarn "F1".

(b) 糸種 G1 の目面(評価 “B”)と各計測結果

糸種 G1 の編地を Fig. 2.32 に示す. 目面には不規則で濃淡に見えるむらが多い.

この編地の糸について, Table 2.9 に糸質量の CV% と IPI 値, Fig. 2.33 に糸質量ヒストグラム, Fig. 2.34 に糸質量のスペクトログラムを示す. これには周期性は見当たらない. ただし Table 2.9 の, IPI 値からネップなどの糸むらが多いことが言える.

さらに, 摩擦試験結果を Fig. 2.35 に示す. さらに, Fig. 2.36(a), (b) に 1 次側張力 (T_1), 2 次側張力 (T_2), それぞれの FFT 解析結果を示す.

摩擦試験において, 周期性に指摘するようなものはない. しかしながら 2 次側の張力変動が大きいことが分かる. (麻が含まれる糸で観測されることが多い.)



Fig. 2.32 Appearance of knitted fabric made of yarn “G1”.

Table 2.9 Mass irregularity and yarn faults for yarn “G1”.

CV%	Thin places (-50 %)	Thick places (+50 %)	Neps (+200%)
19.37	10	519	383

IPI values are shown per 1km.

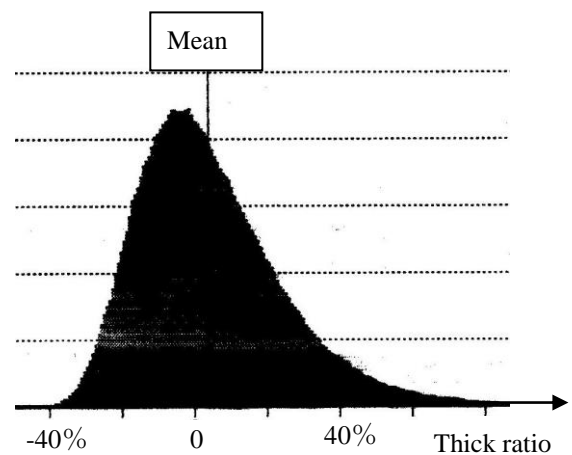


Fig. 2.33 Histogram of Yarn mass for yarn “G1”.

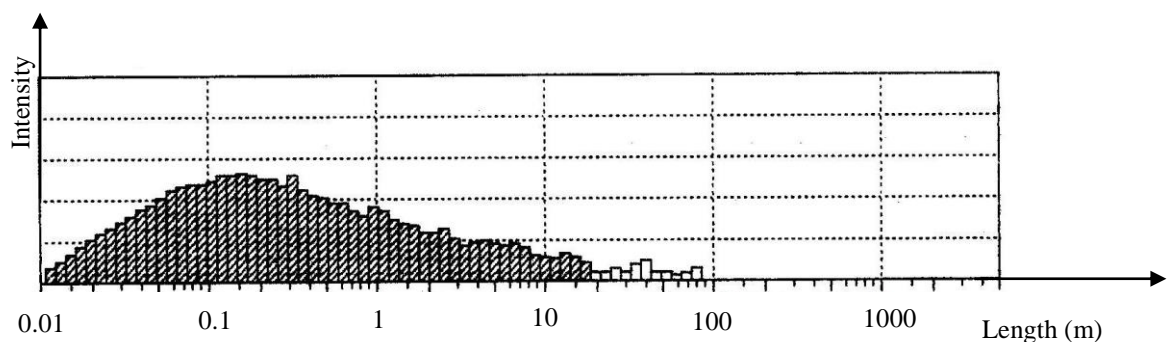


Fig. 2.34 Spectrums of yarn mass for yarn “G1”.

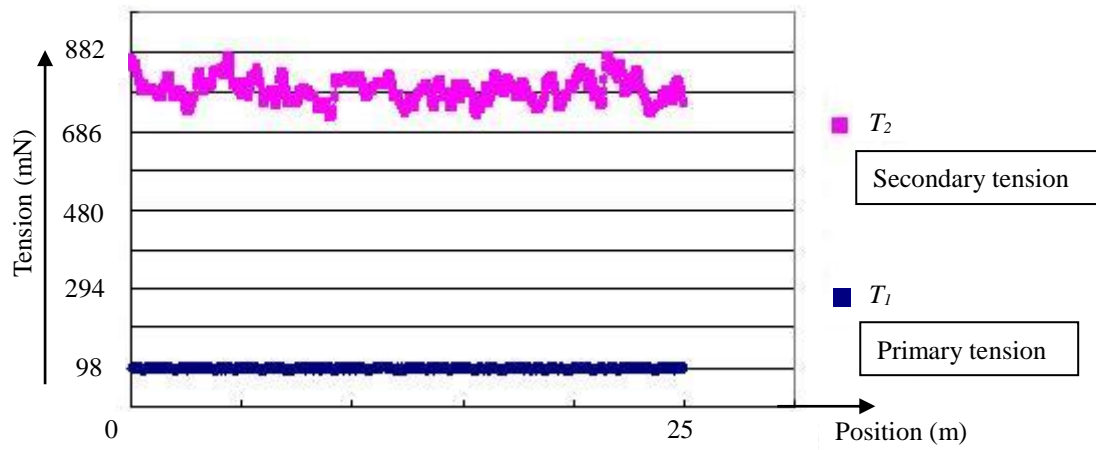
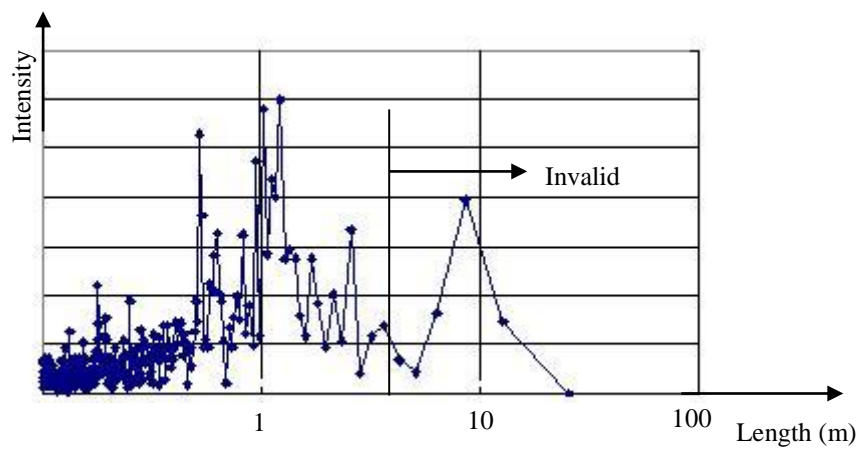
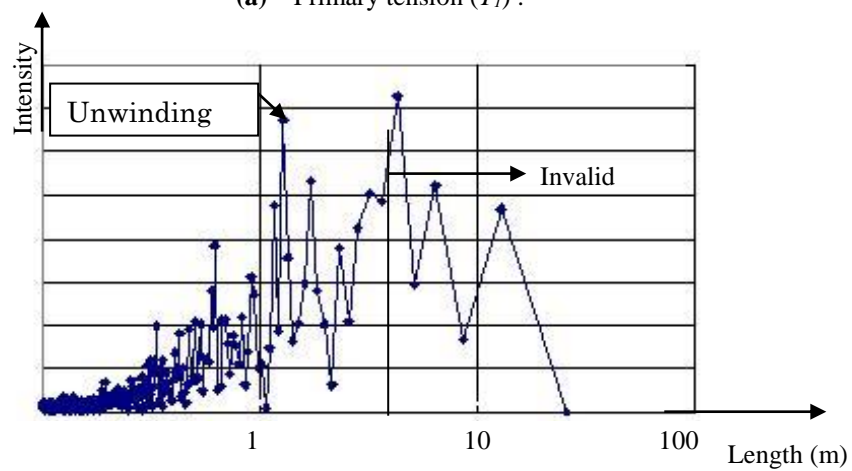


Fig. 2.35 Time histories of tension for yarn "G1".



(a) Primary tension (T_1) .



(b) Secondary tension (T_2) .

Fig. 2.36 Fourier spectrum for yarn "G1".

2.3.3.2 試作試料糸

Table 2.6 に示した糸の，糸むら試験の質量むら CV%，IPI 値，平編地の目視での目面の評価結果および摩擦試験での，摩擦 CV%と平均摩擦係数を，Table 2.10 に示す．

この Table 2.10 で見られるように，編地の目面の評価には“G”と“F”評価があるが，質量むら CV%の数値では，約 10%から 12%の範囲で両者が重複しているのに対し，摩擦 CV%の数値では，評価“F”が 2.7%以上，評価“G”が 2.1%以下と分かれている．この傾向は，2.3.3.1 節で述べた一般の糸の傾向と類似している．なお，IPI 値については全ての糸で，低い値が計測された．

糸むら試験の質量スペクトラムの測定結果の一例として，糸種 YD2/48 の測定結果を Fig. 2.37 に示す．糸の質量むらの周期性に，問題となるものは見られない．その他の糸も，この糸種 YD2/48 と同様に，糸の質量むらの周期性に問題となるものは見られなかった．

Table 2.10 Relationship between appearance qualities of knitted fabric for trial yarn and mass irregularity or friction variety.

Yarn	Thickness tex (Count.)	CV% of mass	Thin (-50%)	Thick (+50%)	Neps (200%)	Appearance quality ¹⁾ of fabric	CV% of friction ²⁾	Friction coefficient
RW 2/56 ³⁾	35.7 (2/56)	11.61	0	0	7	G	1.65	0.239
RW 2/40 ³⁾	50.0 (2/40)	11.79	0	0	5	G	1.78	0.220
RW 2/48 ³⁾	41.7 (2/48 ⁴⁾)	12.08	0	0	17	G	1.76	0.226
YD 2/56	35.7 (2/56)	9.88	0	0	5	G	2.13	0.237
YD 2/40	50.0 (2/40)	11.10	0	0	7	F	3.05	0.242
YD 2/48	41.7 (2/48 ⁴⁾)	12.04	0	0	10	F	2.70	0.236

1) As follows, G: Good, F: Fair, and B: Bad.

2) Define as ratio of standard deviation to average of secondary tension (T_2).

3) Fabrics are dyed in purple after knitting.

4) Yarn count equivalent "2/48".

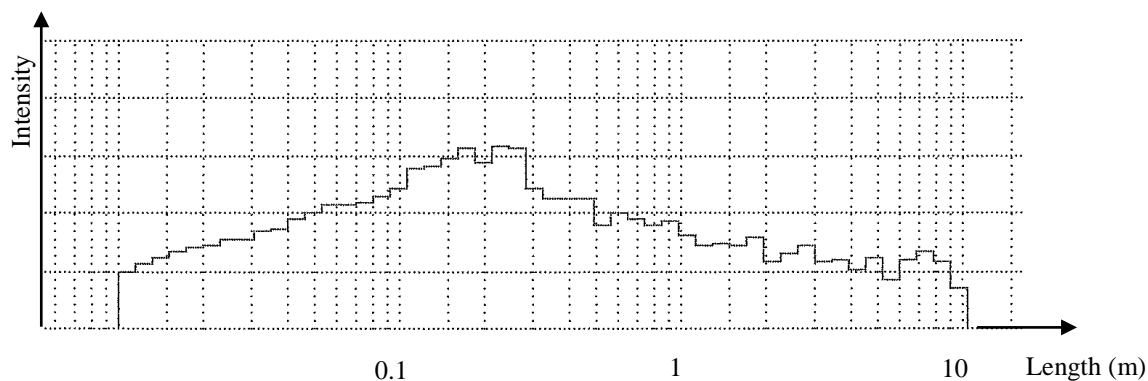


Fig. 2.37 Spectrums of yarn mass for yarn “YD2/48”.

これらの6種類の糸の中で、糸種 RW2/48 と糸種 YD2/48 の糸の平編地を Fig. 2.38(a), (b) にそれぞれ示す。Fig. 2.38(a) に示される糸種 RW2/48 の糸の編地は、編成後にピース染め、洗い、仕上げを行っているので、表面が若干毛羽立ってはいるが、目面はほぼ均一であった。これに比べて、Fig. 38(b) に示される糸種 YD2/48 の糸の編地には、図中の破線の丸で示されるような、編地上にゆるい凹凸が散見された。

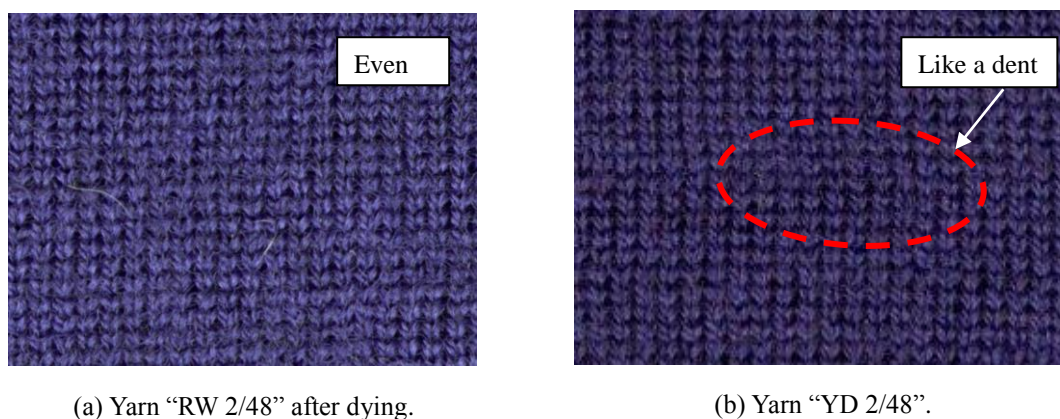


Fig. 2.38 Appearances of knitted fabrics made of comparing yarn.

これら試作試料糸の全6種類の編地では、糸種 H の対照糸である糸種 YD 2/48 の編地を含め、糸種 H の編地で見られたようなコース方向の筋状の欠点は、認められなかった。

ただし、Fig. 2.38(b) に示されるような凹凸が、糸種 YD2/40 と糸種 YD2/48 の糸の編地に散見された。つまり、編地にこのような凹凸が見られたのは、双糸を構成する単糸として 1/40 の糸、その双糸を糸染めした場合である。なお、糸種 YD2/56 の糸と“RW”の後染めの糸の編地の目面は、Fig. 2.38(a)に示されるように均一であった。摩擦試験の結果の中で、糸種 RW2/48 と糸種 YD2/48 について摩擦試験結果をそれぞれパラグラフ (a), (b) に示す。被対照糸の糸種 H の張力の測定結果は、Fig. 2.12(a)に示されている。これら Fig. 2.39, Fig. 2.40(b)に示す測定結果からは、被対照糸の糸種 H に見られたような、2次側 (T_2) の張力に周期性のある大きな変動は見られなかった。

(a) YD 2/48 の糸の摩擦試験測定結果

摩擦試験結果を Fig. 2.39 に示す. さらに, Fig. 2.40(a), (b) に 1 次側 (T_1) 張力, 2 次側 (T_2) 張力それぞれの FFT 解析結果を示す. 解じょ抵抗成分が強いことが分かる.

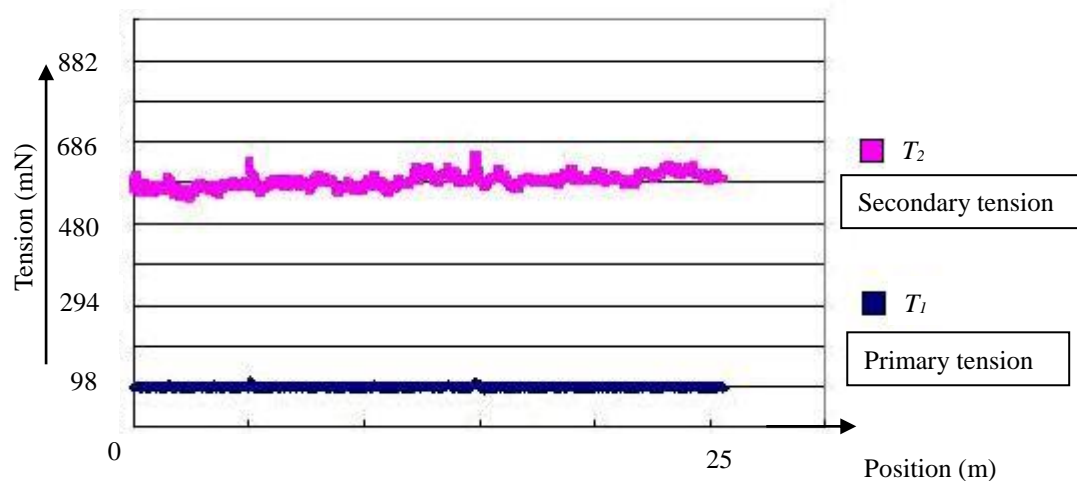
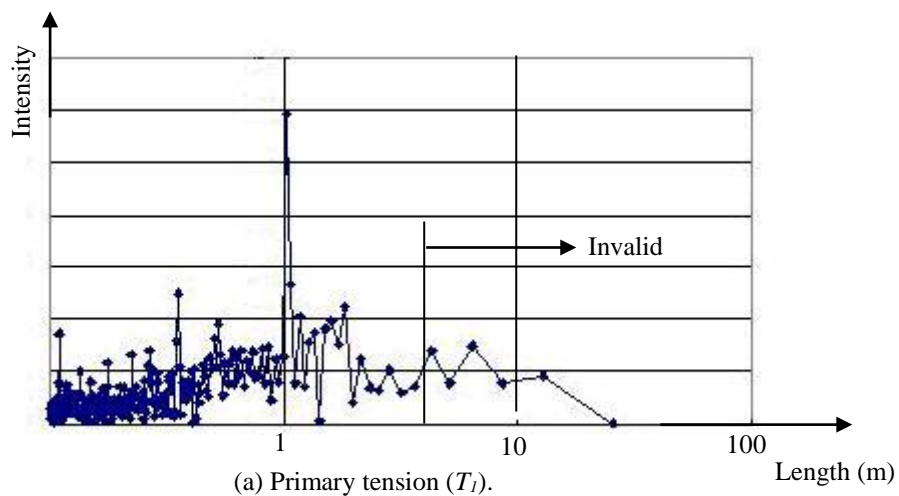
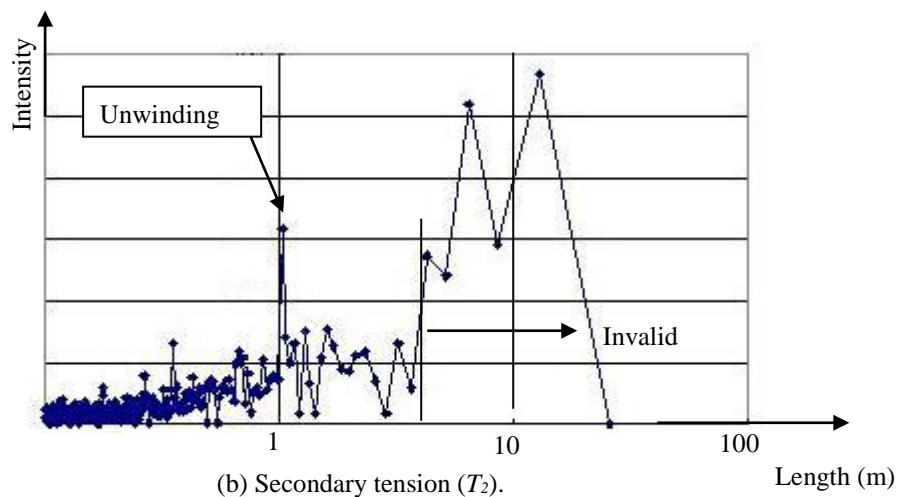


Fig. 2.39 Time histories of tension for yarn “YD 2/48”.



(a) Primary tension (T_1).



(b) Secondary tension (T_2).

Fig. 2.40 Fourier spectrum for yarn “YD 2/48”.

(b) RW 2/48 の測定結果

摩擦試験結果を Fig. 2.41 に示す. さらに, Fig. 2.42(a), (b)に 1 次側張力 (T_1), 2 次側張力(T_2)それぞれの FFT 解析結果を示す. 解じょ抵抗成分が強いことが分かる.

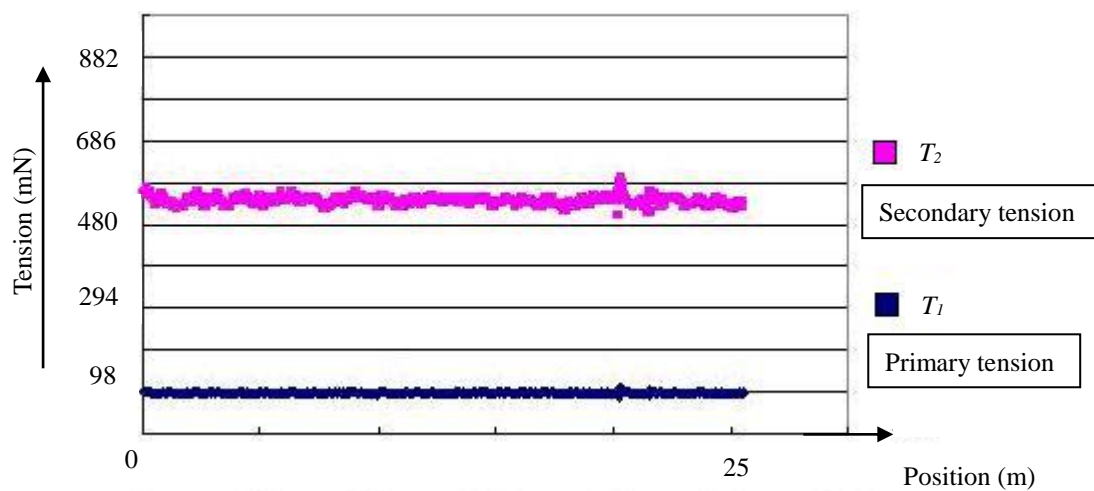
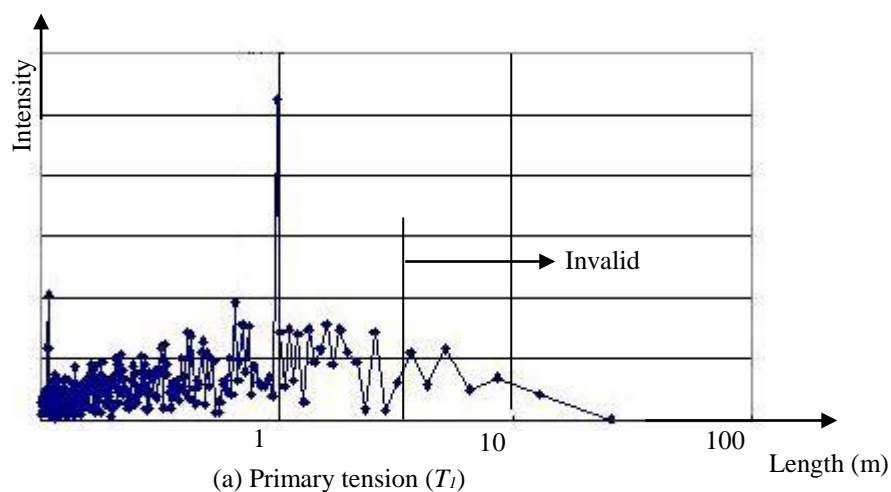
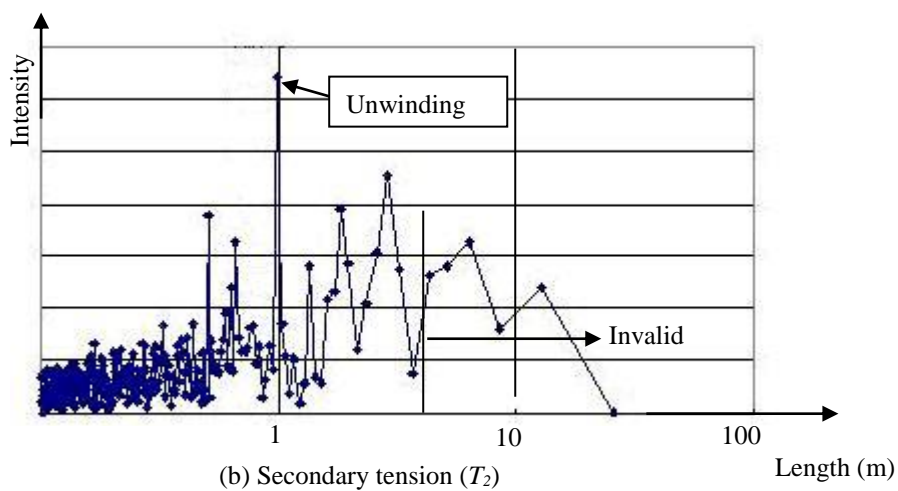


Fig. 2.41 Time histories of tension for yarn "RW 2/48".



(a) Primary tension (T_1)



(b) Secondary tension (T_2)

Fig. 2.42 Fourier spectrum for yarn "RW 2/48".

2.3.3.3 目面評価と質量むら CV%および摩擦 CV%

一般試料糸と試作試料糸の測定結果を示した Table 2.7 および Table 2.10 から、目面と質量むら CV%および摩擦 CV%の関係を、Fig. 2.42 と Fig. 2.43 にそれぞれ示す。

Fig. 2.42 からは、糸むら試験での質量むら CV%の数値が大きいほうが、編地むら発現の可能性が大きい傾向があることがわかる。しかしながら、編地むら発現の境界の値はそれほど明確ではない。

Fig. 2.43 からは、摩擦試験での摩擦 CV%の数値が大きいほうが、編地むらの発現の可能性が大きいことがわかる。また、この測定結果からでは、摩擦 CV%の値が 2.5%から 3%の付近に、編地むらの発現の境界があると考えられる。

なお、編地むらがあると判断された目面評価“B”については、糸種 H の編地むらが Fig. 2.6 に示すコース方向の筋であったのに対し、それ以外の編地むらは、Fig. 2.25 に示すような編地全体に濃淡が混じったものであった。

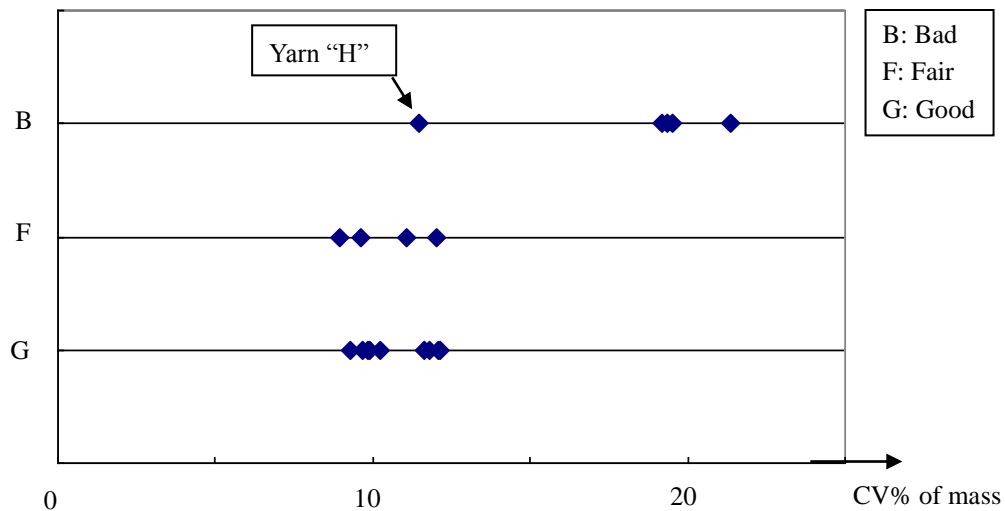


Fig. 2.43 Relation between the appearance qualities of knitted fabric and CV% of mass.

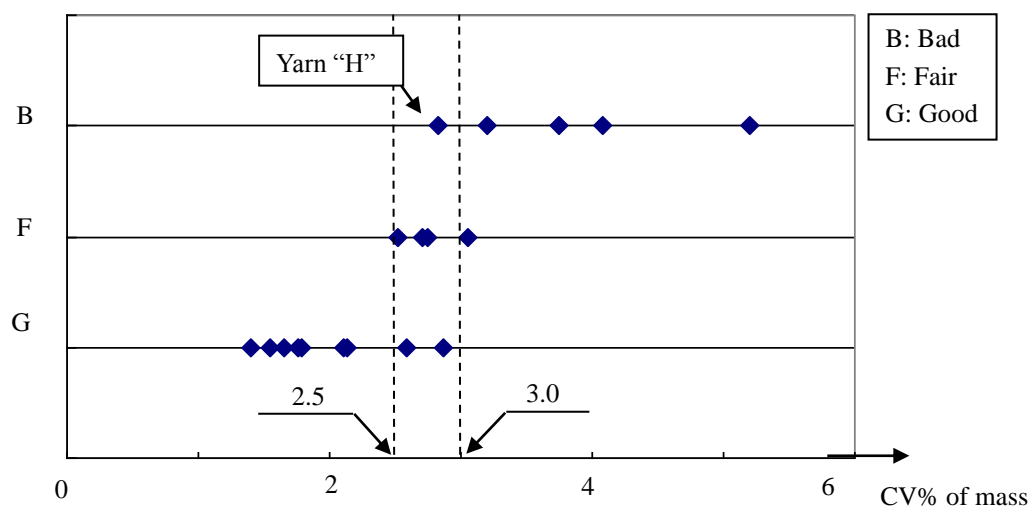


Fig. 2.44 Relation between the appearance qualities of knitted fabric and CV% of friction.

2.3.4 まとめ

以上の糸むら，摩擦の測定結果と編地の官能評価から，以下のようにまとめられる．

- 1) 糸むら試験での質量むら CV%については，その数値が大きいほうが，平編地むら発現の可能性が大きい傾向がある．ただし，糸の質量むら CV%の数値から，現れる編地むらのレベルを推定することが難しいケースがある．
- 2) 摩擦試験での 2 次側張力 (T_2) 変動の指標，摩擦 CV%については，その数値が大きくなると，編地むらが現れる可能性が大きくなる傾向にある．今回の測定方法での摩擦 CV%において，その数値が約 2.5～3%の範囲を閾値として，編地の目面が均一なものとむらが見られるものとに分けられる可能性があることが分かった．
- 3) 糸種 H についてみれば，摩擦試験での 2 次側の張力変動に，糸の解じょ以外の強い周期性がある糸については，摩擦 CV%の値が比較的低くても，平編地に横筋としてむらが現れる可能性があると考えられる．ただし，この 1 例に限られている．
- 4) 糸種 H の目視検査から，その糸の平編地に横筋のようなむらが起こる一因として，双糸を構成する単糸の糸幅の違いを仮定して試験糸を作成し確認を行った．結果として，その仮説は否定された．
- 5) 糸種 H の対照糸である，糸幅違い単糸を撚った試作試料双糸の試験結果から，平編地の目面に関して，先染め糸の染色工程と糸原料との組み合わせが，何らかの影響を与える可能性があることが考えられる．

2.4 本章のまとめ

本章では，糸種 H で編成された平編地に生じたむらの原因を検討するため，糸が編針を通過するときに周期的に張力が変動する振り洗いをした試料糸を作成した．また，同じく糸種 H の外見を模して，異なる番手の単糸を撚り合わせた双糸を試料糸として作成した．これらの特性を糸むら試験，摩擦試験で特性の確認を行った．

また，これらの糸種 H の原因確認と並行して，糸の摩擦の特性が平編地の目面に影響を与えていると考えられた．そこで，横編機で使われる一般的な糸に対して，平編地の目面の官能試験と，糸むら試験および摩擦試験との対比を行った．その結果，摩擦物性が平編地の目面品質を推測する可能性を示せた．以下に各節で得られた結果をまとめる．

第 2 節では，糸の編針を通過するときに生じる張力変動が，編地むらを生じさせる可能性があるかと推定し，糸を紐状態にしてそのリング状となった一部分に短時間の洗いをかけることで，周期的で同様とみられる張力変動が生じたことを摩擦測定で確認できた．この糸の編成においては，編立直後には編地にその張力変動の周期のむらが生じたことが確認できたが，編地のセット後にはそれが消失することも確認できた．このため，糸と編針との間に起きる周期性のある張力変動が原因としても，変動がこれよりもさらに大きいか，または他の原因が重畳していることが考えられた．

第 3 節では，糸の外観チェックから，張力変動が双糸を構成するそれぞれの単糸の太さ

の差の影響から生じていると仮定し、単糸の番手が異なる糸を撚糸し、試料糸を作成した。しかしこれらの糸に、張力（摩擦）に周期性を発生させることはできず、原因としての単糸の太さ違いは否定された。

これと並行して、横編機で使われる糸の、1本取りで編成した平編地の目面の官能試験とこれらの糸の摩擦試験結果から、針を通過した後に生じる張力の変動レベルの大きさの指標として摩擦 CV%を用いて、この数値と編地の目面品質（むら）とに相関があることが示された。

第3章 見かけの糸幅，上撚り，摩擦の同時計測システム

3.1 はじめに

2章において，糸の摩擦特性がその糸を編成した平編地の目面に関係していることが確認された．一方，糸むら試験で確認される糸の糸長方向の質量分布も編地の目面に影響をしていることは，よく知られたことである．

ところで，V. Svetnickienė らによって，糸の直径の寸法が摩擦特性に影響を与えていることが示されている[29]ことと，撚り回数が多くなれば糸の見かけ幅が細くなる，またその逆もありえることから，糸の摩擦物性を測定するとしても，双糸であればそれに糸幅，上撚り回数の要因が相互に影響していることが十分に予測できた．

そこで，横編機で使われる糸が主に双糸であることから，双糸を対象に従来にはない，糸の見かけ幅，上撚り，摩擦の物性を同時に測定できる装置の製作を行う．

なお，編地として見かけの糸幅が製品の仕上がり寸法に影響を与えることがよく知られていることから，このような測定装置の利用価値は高いと考えられた．そこで，これらの項目の測定を，同時にかつ従来よりも高速でできるように設計を行う．

3.2 走行する双糸の見かけ糸幅の測定方法

3.2.1 はじめに

従来，見かけの糸幅を測定する方法として，次のような光学的手法を使った方法が提案されている．

- 1) レーザー光とフーリエレンズを用いる方法で，分離された毛羽の画像から，その糸本体両端部間で糸幅を逐次求める方法[35]．
- 2) 光電法として，1次元受光ダイオードアレイのイメージセンサーを用いて，見かけの糸幅を求める方法[44]．
- 3) スキャナから取り込まれた糸画像に対して，糸幅方向に明度の微分値を閾値として，見かけの糸幅を逐次求める方法[46]．

測定する長さを十分にとった見かけの糸幅を短時間で測定するには，糸を走行させることが必要であり，さらに見掛けの糸幅に影響を与える張力が一定になるように制御する必要がある．しかしながら，上記の方法では，実際の糸送りの手法などが示されていない．

そこで，本研究では，糸の張力と走行速度をそれぞれ一定に制御する計測系において，メンテナンスの負担が少なく取り扱いが容易な LED 面発光フラット照明を光源とし，これを糸に投射し CCD カメラで捉えた影から見かけの（平均）糸幅を算出する方法を開発する．また，この方法での送り速度と張力の，糸幅への影響について検討する

3.2.2 理論

3.2.2.1 糸の透過光

糸の前面から光が投影される場合、光は糸の前面での反射、糸の中の繊維間の空隙の中での反射、散乱、繊維自体を通過する場合の透過減衰など、多様な影響を受ける。

しかしながら、巨視的に見れば構造体としての糸は均一な物体と考え、糸を透過する光をカメラが捕らえた場合、糸の後面の明度の分布は、一様な平行光が、断面が真円の糸の中を直進し、そのとき一様な減衰が作用するとして、Fig. 3.1 に示すようにモデル化する。このような一様な物質の中を進む光の減衰は(3.1)式で表わされる。

$$I = I_o \exp(-\mu z) \quad (3.1)$$

ただし、 I_o は物体が存在しない場合の一様な明度を、 I は物体を通過した光の明度を、 μ は物質の減衰係数を、 z は光が物体を通過する距離をそれぞれ示す。

Fig. 3.1 に示す座標系を取り、光が糸の中を直進したものとし、糸中心部の明度 I_c (これは最低明度に相当) であれば、この糸の光に対する減衰係数は(3.2)式で表わされる。

$$\mu = \frac{-\ln(\frac{I_c}{I_o})}{2r} \quad (3.2)$$

(3.2)式で表わされた減衰係数を使うと、Fig. 3.1 に示す座標系で、糸幅方向の座標 x での明度は、(3.3)式で得られる。

$$I = I_o \exp\left(-\frac{1}{2r} \ln\left(\frac{I_o}{I_c}\right) \sqrt{r^2 - x^2}\right) \quad (3.3)$$

実際には、カメラの1ピクセルの平均明度として捉えられるとし、糸画像を捉える1ピクセルの寸法を δ とすると、このピクセルが感知する明度は、単位幅で考えれば(3.4)式で得られる。

$$I = \frac{1}{\delta} \int_{-x}^{x} I_o \exp\left(-\frac{1}{2r} \ln\left(\frac{I_o}{I_c}\right) \sqrt{r^2 - x^2}\right) dx \quad (3.4)$$

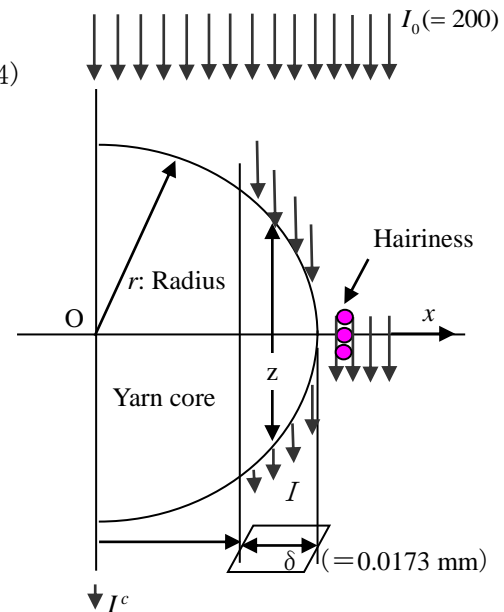


Fig. 3.1 Co-ordinate and absorption of light at yarn section.

3.2.2.2 測定装置

糸を透過した光の明度分布について、(3.4)式を使って求められる明度分布と、実際に測定される明度分布を確認する。その測定装置の光学系を Fig. 3.2 に示す。また実際の CCD カメラと平面 LED ライトパネルの相対位置を Fig. 3.3 に示す。カメラは 256 段階のグレースケールで、糸画像を取り込む。糸中心とカメラレンズまでの距離は 28mm であり、カメラの焦点距離は 12mm である。1 ピクセルは 0.0173mm の寸法に対応している。またカメラ設定で $\gamma=1$ としている。LED 面発光フラット照明は光量が制御でき、測定時の経時変化がほとんど無く、バックグラウンド部は明度値が 256 段階中ほぼ 200 に制御されている。この状態を Fig. 3.4 に示す。なお、糸の走行方向は Fig. 3.3 に示すように左右方向である。画像サイズの関係から、カメラを横置きにしている。なお、Fig. 3.4 では糸の走行方向を上下方向で表している。(適宜、糸の表示方向を上下、左右方向にする)

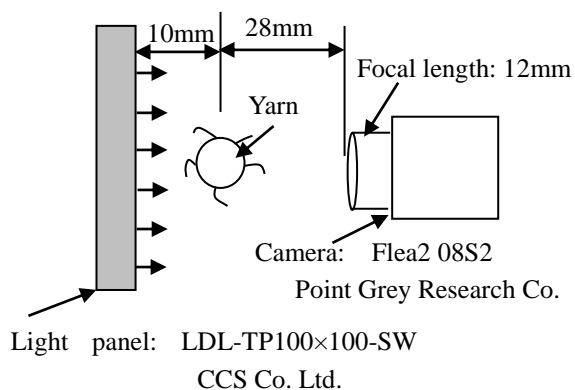


Fig. 3.2 Overview of measuring unit setup.

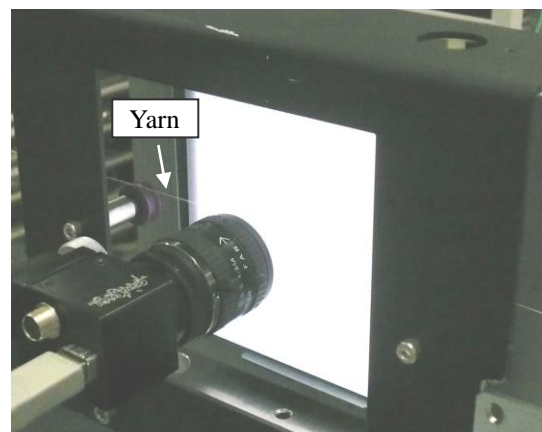


Fig. 3.3 Location of light panel and camera.

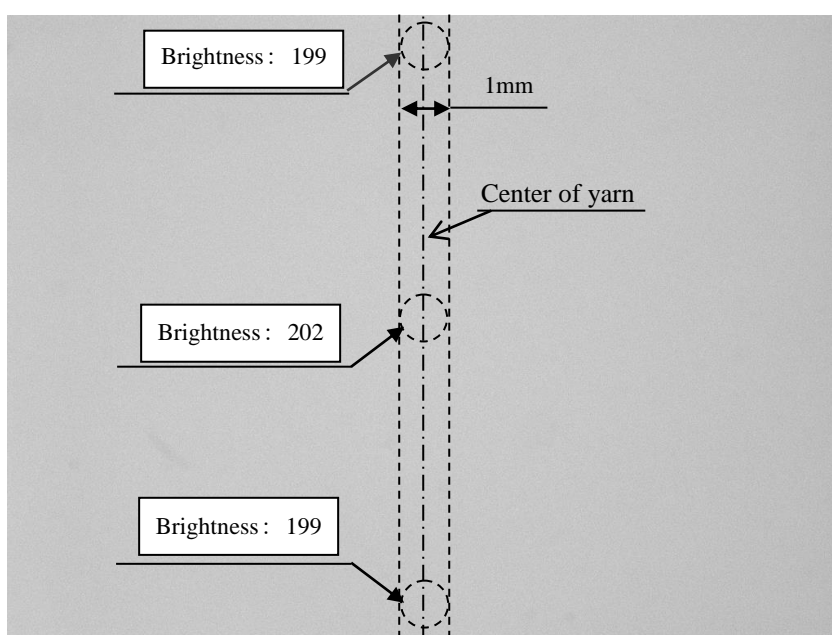


Fig. 3.4 Distribution image of brightness at yarn area without

この装置に掛けられる糸に対しては、糸の張力を一定に制御する張力コントローラと、糸を一定速度で走行させるスピードコントローラが、この光学系の前後にそれぞれ設けられている。

3.2.2.3 明度分布

Fig. 3.2 で示した光学系に、糸走行速度を 30m/min、糸張力 49mN (5gf) とし、糸がウール 100%, 66.7tex (番手 2/30)、青色の双糸の撮影された画像を Fig. 3.5 に示す。この糸画像に対し、糸の境界部を目視で●印で示すように指定した。その指定作業では、画面上にカメラからの画像 768×1024 ピクセルをそのピクセル数で表示した。その倍率は約 20 倍であった。

Fig. 3.5 に示された点線に沿った断面の明度分布を Fig. 3.6 に示す。Fig. 3.6 にはこの明度分布から最低明度値を $I_c=41$ 、バックグラウンドの明度値を $I_b=200$ 、糸の直径を 24 ピクセル ($r=0.208\text{mm}$) とし、(3.4)式を使った明度のシミュレーション結果も示している。

同様に Fig. 3.7 と Fig. 3.8 に静止状態で撮影された画像に対して、同様に処理を行ったものをそれぞれ示している。なお明度分布の計算において、最低明度値を $I_c=28$ 、糸の直径を 31 ピクセル ($r=0.268\text{mm}$) としている。

これらの分布の形状が良く一致している。また、後述の Table 1 に示す糸の明度分布形状もこのような相似形状をしていた。そこで、カメラが捉える糸の明度分布については、糸本体の減衰係数が一様となる物質であるとして取り扱い、散乱光の影響は考慮しないこととする。

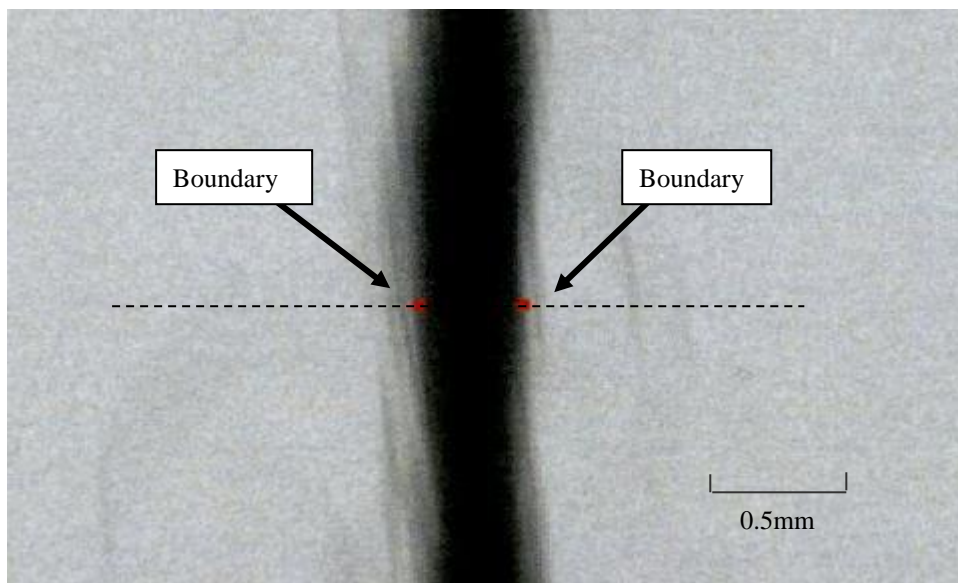


Fig. 3.5 Boundaries between yarn hairiness and core by visual judgment on running condition.

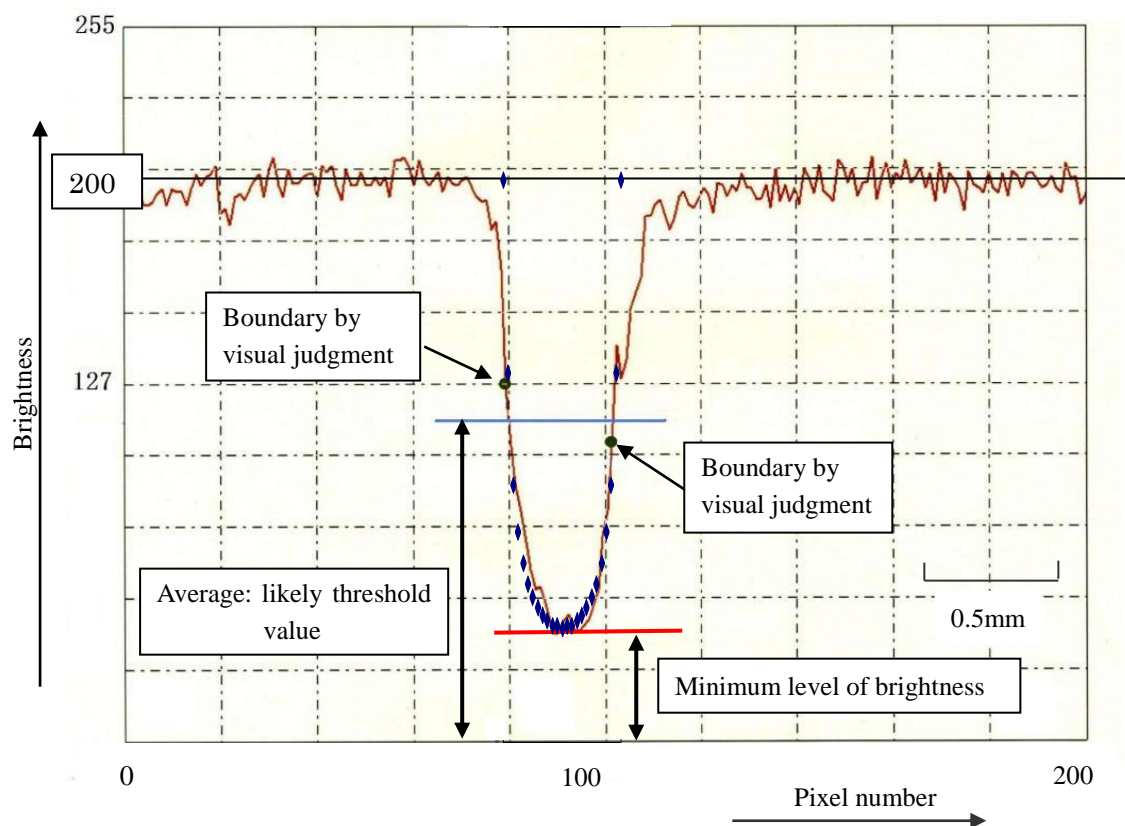


Fig. 3.6 Distribution of brightness with calculating value across the yarn on running condition.

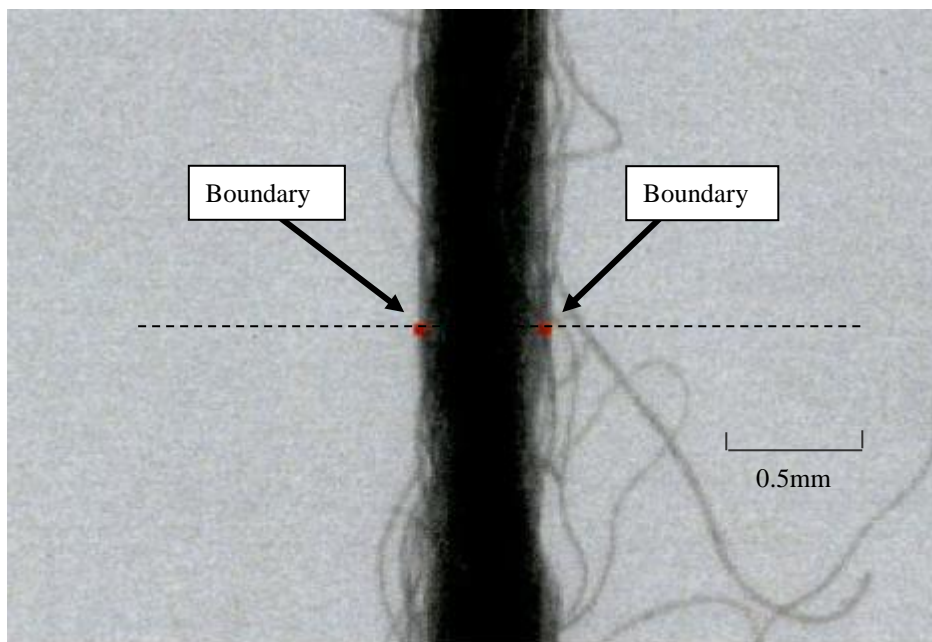


Fig. 3.7 Boundaries between yarn hairiness and core by visual judgment on state condition.

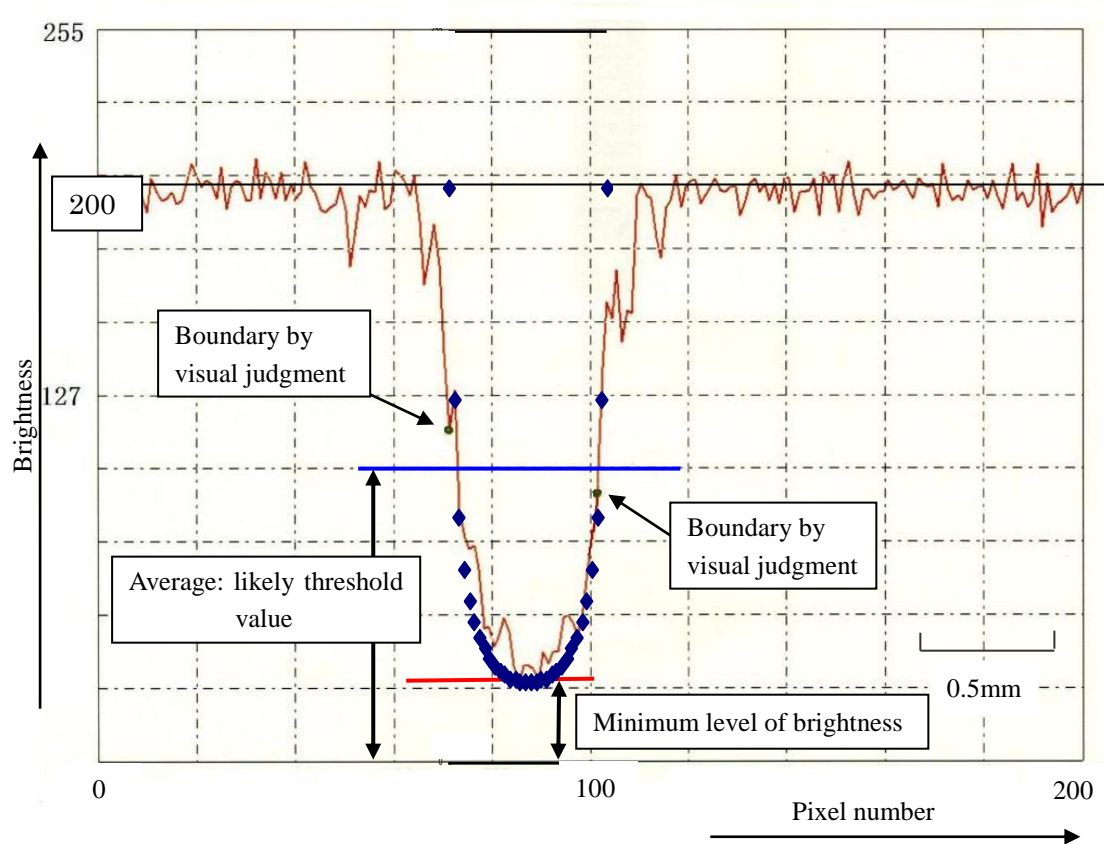


Fig. 3.8 Distribution of brightness with calculating value across the yarn on state condition.

3.2.2.4 閾値

3.2.2.1 節で求めたように，光が糸を通過した明度について(3.4)式の関係が成り立つので，糸中央部の明度である最低明度に対して，境界部の明度が求められる．今回，測定対象とする糸については，横編機にかける糸として，7G以上の横編機で使われる糸を対象にする．従って Fig. 3.9 で示される糸 {(a)125tex, (b)33.3tex} を測定対象範囲の限界と考える．線密度が，およそ(a)で示される糸以下で，(b)で示される糸以上の，見かけの糸幅を測定対象とする．糸自体に幅のばらつきがあるので，その範囲は，最小が 0.2mm，最大が 0.8mm 程度と考えられる．

糸の境界部分の明度について，Fig. 3.1 に示すように，糸本体の端に一致する位置でピクセルが検知する明度とする．この境界部の明度と，最低明度である糸の中心部の明度との関係を糸の半径をパラメータにして，(3.4)式を使って数値計算して求める．

糸の中心部の明度を，5, 10, 20, 30, 55, 80 とし，半径 r については，測定対象範囲の境界値の 0.1mm, 0.4mm とその中間値として 0.2mm とした．Table 3.1 と Fig. 3.10 に最低明度（糸中心部）と境界部（糸端部）の明度の関係を示す．

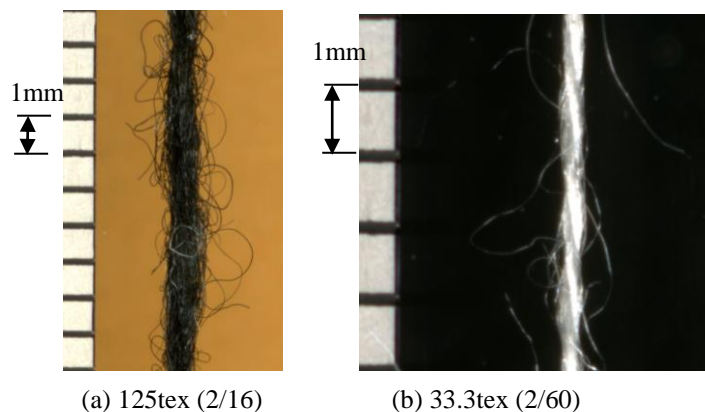


Fig. 3.9 Object yarns shown measuring range.

Table 3.1 Relation between minimum brightness (I_c) and brightness at boundary.

$R^1(\text{mm})$	I_c					
	5	10	20	30	55	80
0.1	53	66	83	96	121	139
0.2	74	88	105	117	139	154
0.4	97	131	144	153	166	175

1) Yarn radius.

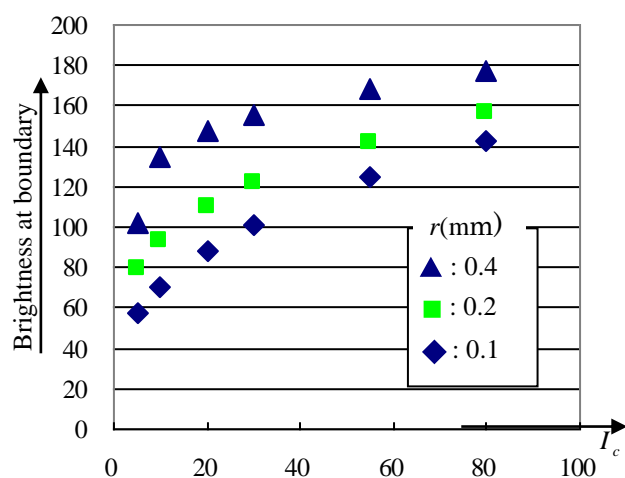


Fig. 3.10 Relation between minimum brightness (I_c) and brightness at boundary.

3.2.2.5 閾値の感度

Fig. 3.10 に示されたように，最低明度に対する境界部の明度は糸幅によって変わる．この場合，糸幅が先に決まっていなければ閾値を用いることが出来ない．しかしながら，閾値が一意で決定されている場合の，糸幅への影響を確認する．

今回，測定範囲が半径 $r=0.1\text{mm}$ から 0.4mm までとしているので，その中間値として $r=0.2\text{mm}$ の値でこれらの閾値を代表させた場合に，算出される糸幅への影響を，Fig. 3.11 に示すモデルで確認する．

$r=0.2\text{mm}$ の閾値で $r=0.1\text{mm}$, 0.4mm の場合の糸幅を算出した場合を想定すると，半径 0.4mm と 0.1mm の糸に対して，センサーのピクセルが，糸の端部と重なったもしくは透かされた状況に相当すると考え，この重なった寸法と透かした寸法を求める．(3.4) 式を適用して $r=0.2\text{mm}$ の閾値にほぼ一致する状態を求めた．その結果を Fig. 3.12 に示す．半径 0.2mm の糸の閾値に一致する状態は，半径 0.4mm の場合では 0.0055mm を重ねた状態，半径 0.1mm の場合では 0.0025mm を透かした状態であることがわかる．その比率は糸幅に対して，1.5% から 2.5% である．

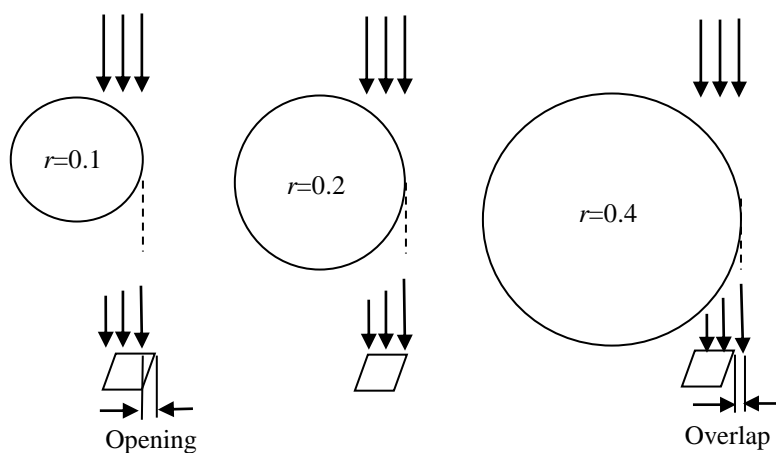


Fig. 3.11 Effect of the radius for error of boundary value.

Table 3.2 Relation between minimum brightness (I_c) and brightness at boundary in case of one threshold value.

$r(\text{mm})$	I_c					
	5	10	20	30	55	80
0.2	79	93	110	122	142	157
0.4 - 0.0055 ¹⁾	78	93	111	123	143	158
0.1 + 0.0025 ²⁾	82	93	109	119	139	154

1) In case of overlap 0.0055 mm at boundary.

2) In case of opening 0.0025mm at boundary.

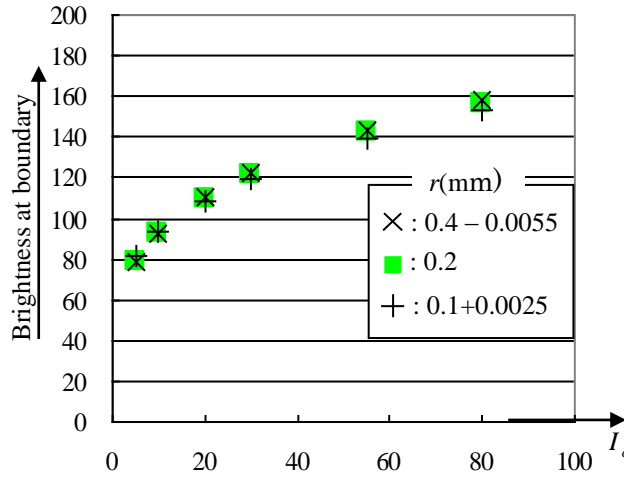


Fig. 3.12 Relation between minimum brightness (I_c) and brightness at boundary in case of one threshold value.

3.2.2.6 形状の影響

糸の断面は Fig. 3.13 に示すように真円ではない。この形状の影響を確認するため、糸断面を長軸と短軸の比が 2 : 1 で、面積が $r=0.2$ の真円に等しい楕円断面を仮定して、糸の境界部の明度を Fig. 3.14 の計算モデルを使って求める。なお、その境界の明度の計算式は (3.5) 式で示される。

$$I = \frac{1}{\delta} \int_x^{x+\delta} I_o \exp\left(-\frac{1}{d} \ln\left(\frac{I_o}{I_c}\right) \sqrt{r'^2 - x^2}\right) dx \quad (3.5)$$

ここで、 d は中心部を光が通過する距離、 r' は中心から楕円上までの距離を示す。なお、 $a = 0.4 \times \sqrt{2}$, $b = 0.4 / \sqrt{2}$ (mm) である。さらに、このように光の進行方向に短軸が揃った場合と、長軸が揃った場合に、Fig. 3.12 で示した状況と同様に糸端部の明度値が $r=0.2$ mm の閾値にほぼ等しくなる状態を求める。

$$I_0 (= 200)$$

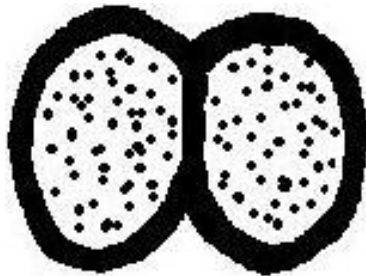
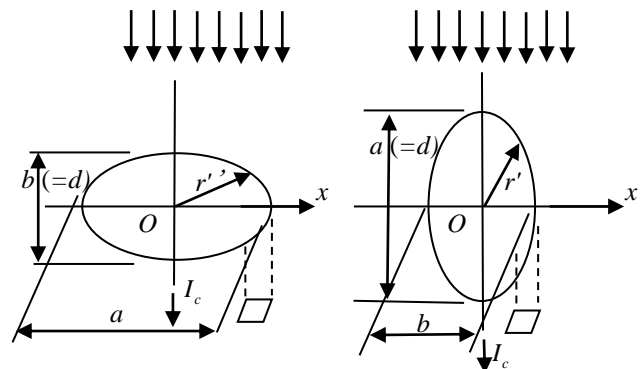


Fig. 3.13 Cross section of double ply yarn.



(a) Short axis parallel with lighting direction (b) Long axis parallel with lighting direction

Fig. 3.14 Calculation model for oval section.

Table 3.3 Relation between minimum brightness (I_c) and brightness at boundary in case of oval section.

$r(\text{mm})$ / condition	I_c					
	5	10	20	30	55	80
0.2	79	93	110	122	142	157
Case (a) ¹⁾	90	126	139	148	163	173
Case (b) ¹⁾	68	82	99	111	134	150
Case (a) - 0.0020 ²⁾	78	93	111	123	143	158
Case (b) + 0.0012 ³⁾	79	92	108	120	140	155

1) Refer to Fig. 3.14.

2) In case of overlap 0.0020 mm at boundary.

3) In case of opening 0.0012 mm at boundary.

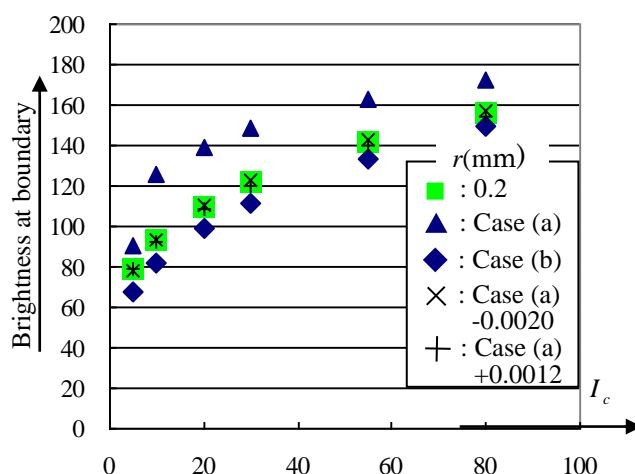


Fig. 3.15 Relation between minimum brightness (I_c) and brightness at boundary in case of oval section.

その結果は、Table 3.3 および Fig. 3.15 に示す。 $r=0.2$ の真円の閾値にほぼ等しい場合、その糸の端部の状態は次のとおり。短軸が光の方向に揃った場合は、0.0020mm 重なった場合であり、長軸が光の方向に揃った場合は、0.0012mm 透かした場合である。糸の断面と光の相対方向はランダムに変わることと考え合わせれば、その平均糸幅への影響は 3.2.2.5 節の半径の影響よりも小さいと考えられる。

3.2.2.7 毛羽の影響

毛羽による明度変化については、糸本体と同様に光が毛羽の繊維を通過、その繊維が複数本重なっているとして、明度の低下を検討する。Fig. 3.7 にその状態を確認することが出来る。ここでは重なる本数を 3 本と仮定する。

例えば、糸本体の半径が 0.4mm、毛羽の繊維の幅を獣毛の平均的太さの $17\mu\text{m}$ とし、Fig. 3.1

にも示しているように、繊維が3本重なっていると、(3.4)式での光が通過する距離を毛羽の直径に置き換えることで、Table 3.4 に示すように、糸本体を通過した最低明度 (I_c) に対する繊維3本を通過した光の明度 (I') の数値が求められる。Fig. 3.12 の境界部の明度の数値と比較して示したものを Fig. 3.16 に示す。バックグラウンドの明度値である 200 からの毛羽による明度の低下は、境界部を含めた糸本体による明度の低下に比べて少ないことが言える。

Table 3.4 Affection of hairiness in case of 3 staples ($r=0.4\text{mm}$).

I_c	5	10	20	30	55	80
I'	149	157	166	171	180	186

I_c : Minimum brightness at yarn core.

I' : Brightness through 3 staples.

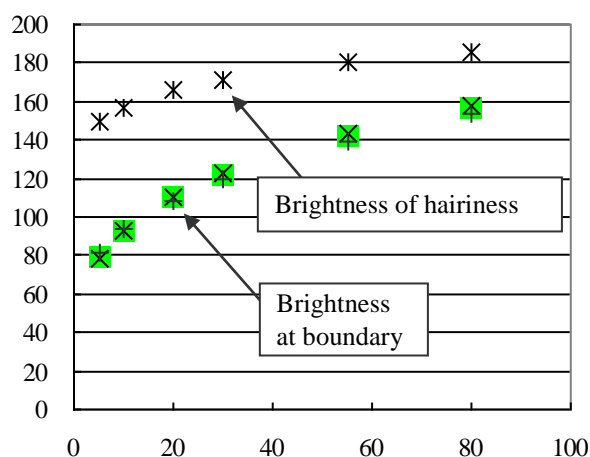


Fig. 3.16 Affection of hairiness in case of 3 staples($r=0.4\text{mm}$)

3.2.3 実験

糸の境界部を求める閾値を最低明度に対して一意に決めた場合、3.2.2節で述べたように、Fig. 3.9 で示される糸 {(a)125tex, (b)33.3tex} が測定対象範囲であれば、その影響は糸幅に対して±2%程度で、毛羽の閾値に対する影響も大きくないと考えられる。このことから、その閾値を実験データから検証する。

3.2.3.1 実験試料糸

(1) 閾値決定実験糸

閾値を求めるための糸試料は、Table 3.5 に示すとおり。これらの糸の組成は 100% ウールの双糸である。閾値の算出に関して、糸の明度に影響する色と番手を考慮して選択した。

Table 3.5 Test yarns for decision on threshold of yarn width.

Yarn	Thickness		Color
	tex	(Count)	
a	142.9	(2/14)	White
b	33.3	(2/60)	White
c	66.7	(2/30)	Pale blue
d	66.7	(2/30)	Yellow
e	66.7	(2/30)	Red
f	125.0	(2/16)	Black
g	66.7	(2/30)	Blue
h	66.7	(2/30)	White
i	66.7	(2/30)	Black

(2) 閾値確認実験系

(1) 項で求めた閾値に対して、その汎用性を確認するために行う。

(a) 組成・線密度

組成、線密度が異なる Table 3.6 に示す糸を用いて、求めた閾値の汎用性の確認を行う。

Table 3.6 Test yarns for verification on threshold of yarn width.

Yarn	Component	Thickness		Color
		tex	(Count)	
j	Wool 100%	66.7	(2/30)	Pink
k	Silk 70%, Cashmere 30%	25.0	(2/80)	White
l	Silk 70%, Cashmere 30%	25.0	(2/80)	Black
m	Wool 100%	41.7	(2/48)	White
n	Cashmere 73.5%, Silk 26.5 %	16.7	(2/120)	White
o	Wool 100%	76.9	(2/26)	Yellow
p	Wool 100%	40.0	(2/50)	Light blue
q	Wool 60%, Silk 30%, Cashmere 10%	45.5	(2/44)	Gray
r	Cashmere 100%	62.5	(2/32)	Pink
s	Acrylic 40%, linen 30%, Cotton 30%	76.9	(26/2)	Red

(b) 糸送り速度

糸の送り速度の影響を確認するため、Table 3.7 に示す糸を用いて確認を行う。

Table 3.7 Test yarns for yarn speed on threshold of yarn width.

Yarn	Component	Thickness		Color
		tex	(Count)	
e	Wool 100%	66.7	(2/30)	Red
t	Wool 100%	100.0	(2/20)	Orange
u	Cotton 100%	59.1	(20/2)	White

(c) 糸張力

糸張力が異なる場合の影響を確認するため、Table 3.8 に示す糸を用いて確認を行う。

Table 3.8 Test yarns for yarn tension on threshold of yarn width.

Yarn	Component	Thickness		Color
		tex	(Count)	
e	Wool 100%	66.7	(2/30)	Red
i	Wool 100%	66.7	(2/30)	Black
v	Wool 100%	41.7	(2/48)	Yellow

(d) フィラメント糸

糸幅が糸長方向にほぼ一定の、Fig. 3.17 に示す釣り糸の測定を行った。

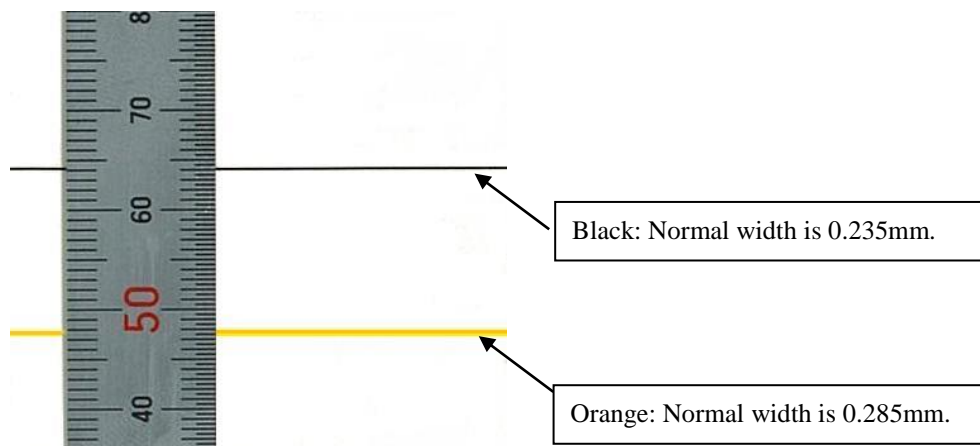


Fig. 3.17 Fishing-line for testing yarn width.

(e) 一般試験糸

カシミア 100% の、同銘柄・色違いの糸の糸幅の測定を行い、同じ線密度（番手）での糸幅の分布範囲を確認する。線密度は 111.1tex(2/18)、100tex(2/20)、83.3tex(2/24)、76.9tex(2/26)、66.7tex(2/30)、62.5tex(2/32)、50tex(2/40)、38.5tex(2/52) の 8 種類である。

3.2.3.2 実験方法と結果

(1) 閾値決定

Table 3.5 に示す糸を対象に、平均張力を 49mN(5gf) として、糸の動的、走行速度 30m/min の状態と、静的状態とで画像を取り込み、それぞれの状態で、画像での毛羽と糸の中心部との境界部を目視で指定する。指定された複数の指定した箇所の明度の平均値が、糸の毛羽と本体部分の境界の閾値となる明度となると仮定した。なお、カメラの露光時間は

1msec, カメラの1ピクセルは, 幅 0.0173mm に相当した設定, バックグラウンドの明度は Fig. 3.4 に示されているように, 256 段階中 200 で制御されている状態である.

Table 3.5 に示す糸, それぞれの 5 箇所 (10 ポイント) について, 糸の本体と毛羽との境界を目視で指定し, 境界の値, 即ち閾値と考えられる, それらの明度の平均値と, 明度の分散を, 糸の最低明度の平均値 (ほぼ糸の中心部の明度) と共に Table 3.9 に示す.

Table 3.9 Threshold values for decision on yarn width of core.

	Yarn	Thickness	Average	μ : Average	σ : Standard	$\mu - 2\sigma$	$\mu + 2\sigma$
		tex (Count)	of minimum brightness	for threshold value	deviation for threshold value		
Running condition	a	142.9 (2/14)	50.0	127.0	6.1	114.8	139.2
	b	33.3 (2/60)	79.8	137.0	6.8	123.4	150.6
	c	66.7 (2/30)	23.4	104.9	9.6	85.7	124.1
	d	66.7 (2/30)	35.0	121.1	10.3	100.5	141.7
	e	66.7 (2/30)	13.4	87.8	11.5	64.8	110.8
	f	125.0 (2/16)	3.6	66.5	9.4	47.7	85.3
	g	66.7 (2/30)	35.4	116.5	11.0	94.5	138.5
	h	66.7 (2/30)	57.8	126.1	8.6	108.9	143.3
	i	66.7 (2/30)	5.6	89.6	36.4	16.8	162.4
Static condition	a	142.9 (2/14)	45.2	122.4	11.0	100.4	144.4
	b	33.3 (2/60)	72.0	135.0	12.6	109.8	160.2
	c	66.7 (2/30)	25.0	101.6	18.4	64.8	138.4
	d	66.7 (2/30)	35.4	124.4	17.2	90.0	158.8
	e	66.7 (2/30)	14.8	89.3	24.5	40.3	138.3
	f	125.0 (2/16)	3.4	45.1	20.0	5.1	85.1
	g	66.7 (2/30)	30.0	110.5	11.6	87.3	133.7
	h	66.7 (2/30)	57.8	140.8	10.5	119.8	161.8
	i	66.7 (2/30)	5.6	81.3	21.5	38.3	124.3

これらの閾値に関するデータ取得の中で, 糸種 g について, 走行状態と静止状態の, カメラでの取得画像に糸本体と毛羽との境界を指定した画像および明度値の糸幅方向の分布 (指定された糸本体の境界を含む) を, それぞれ, Fig. 3.18~Fig. 3.20, Fig. 3.21~Fig. 3.23 に示す.

糸種 g の走行時を例にとると, その糸画像は Fig. 3.18 に示すとおり. 枠で囲まれた部分を拡大し, 水平線上の位置で毛羽と糸本体の境界位置を指定している. 指定された状態の Fig. 3.18, Fig. 3.19 に●印でその境界部を示している. また, Fig. 3.19 の破線部における明度の分布を Fig. 3.20 に示している.

静止状態についても同様に Fig. 3.21~Fig. 3.23 に, 境界位置, 明度分布などを示す.

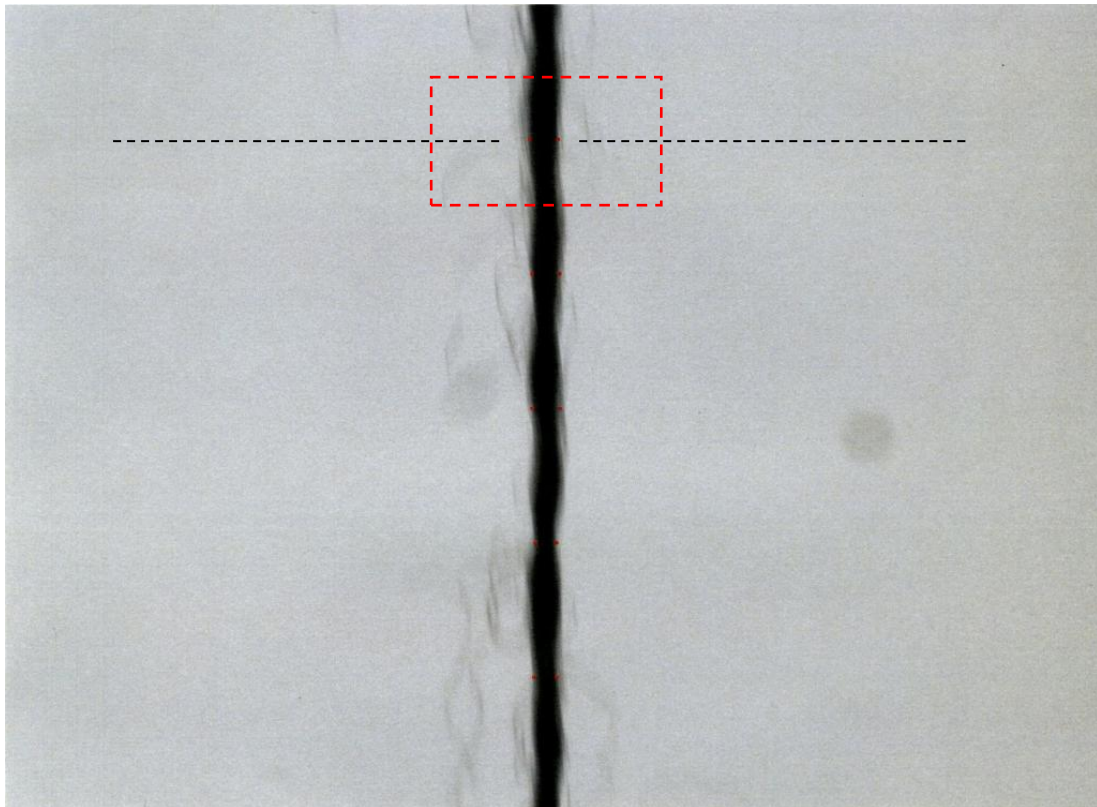


Fig. 3.18 Image of yarn “g” on running condition.

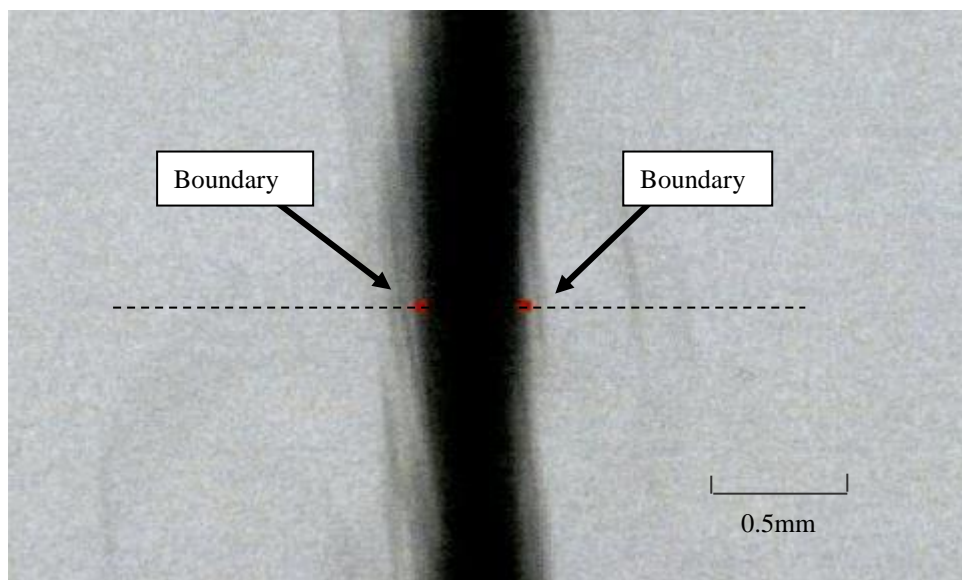


Fig. 3.19 Boundary between yarn hairiness and core by visual judgment on running condition.

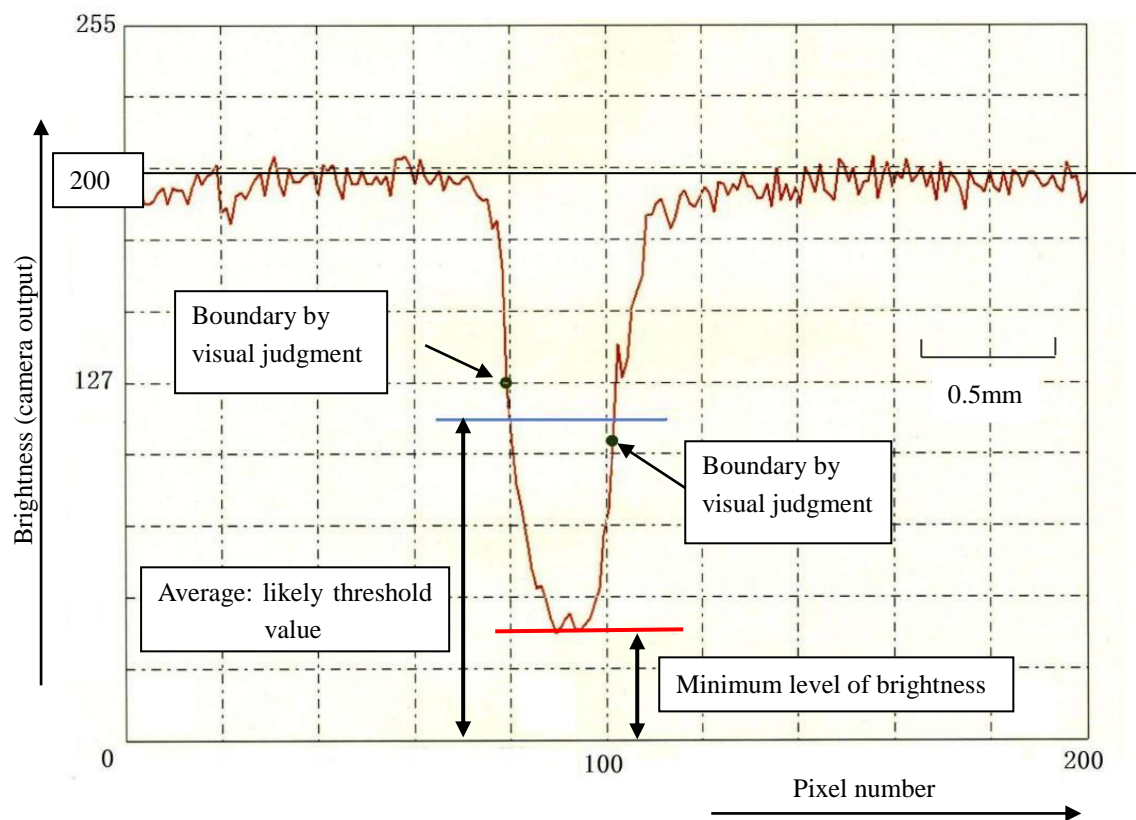


Fig. 3.20 Distribution of brightness across the yarn on running condition.

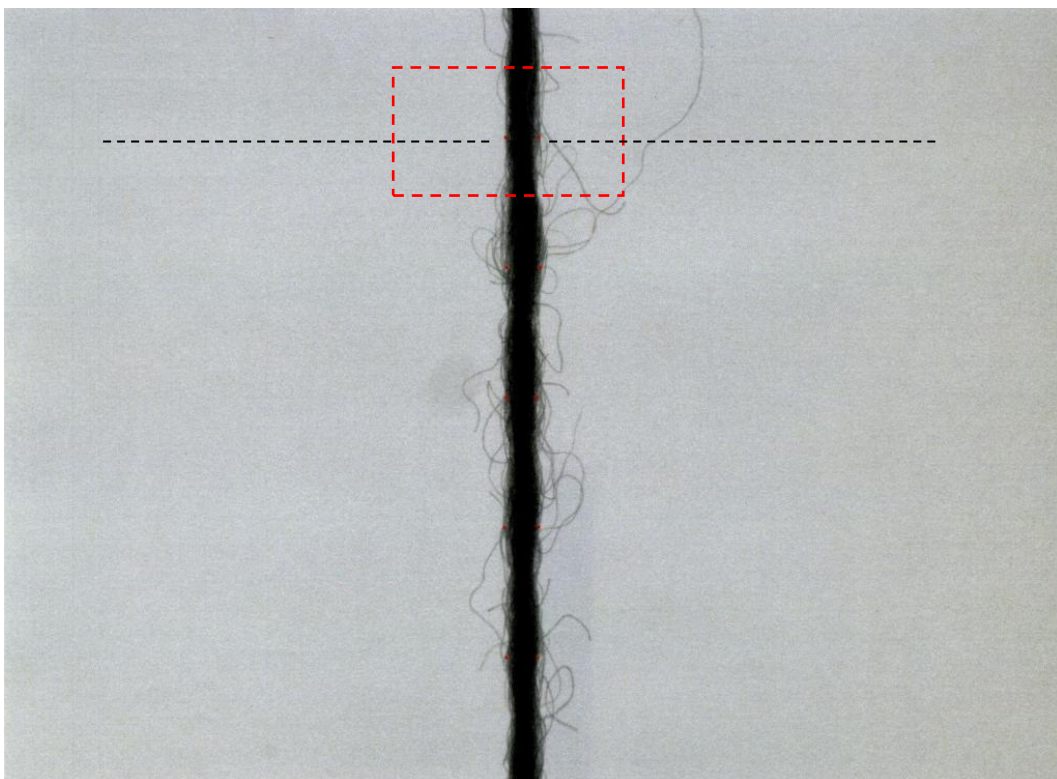


Fig. 3.21 Image of yarn “g” on state condition.

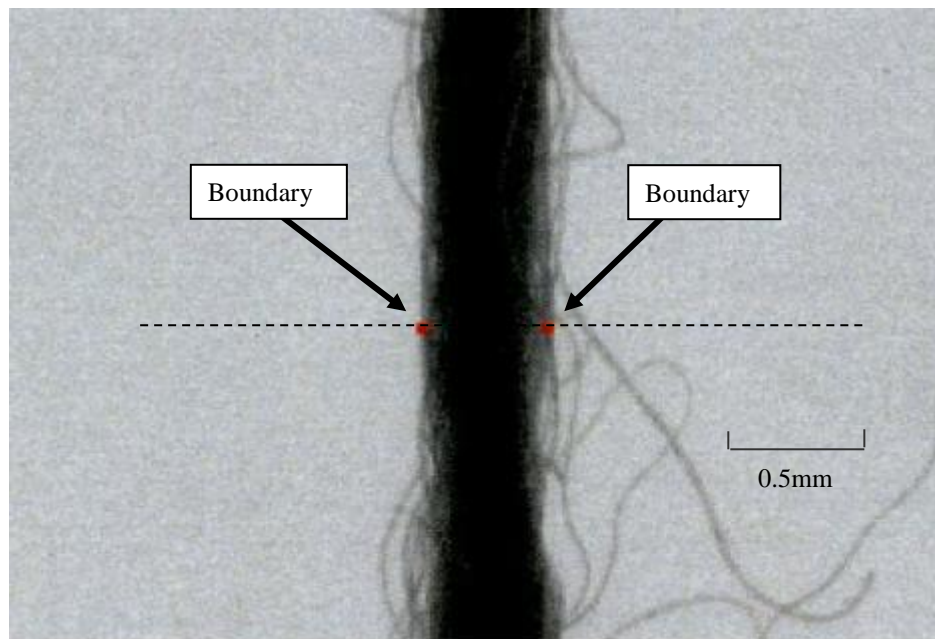


Fig. 3.22 Boundary between yarn hairiness and core by visual judgment on state condition.

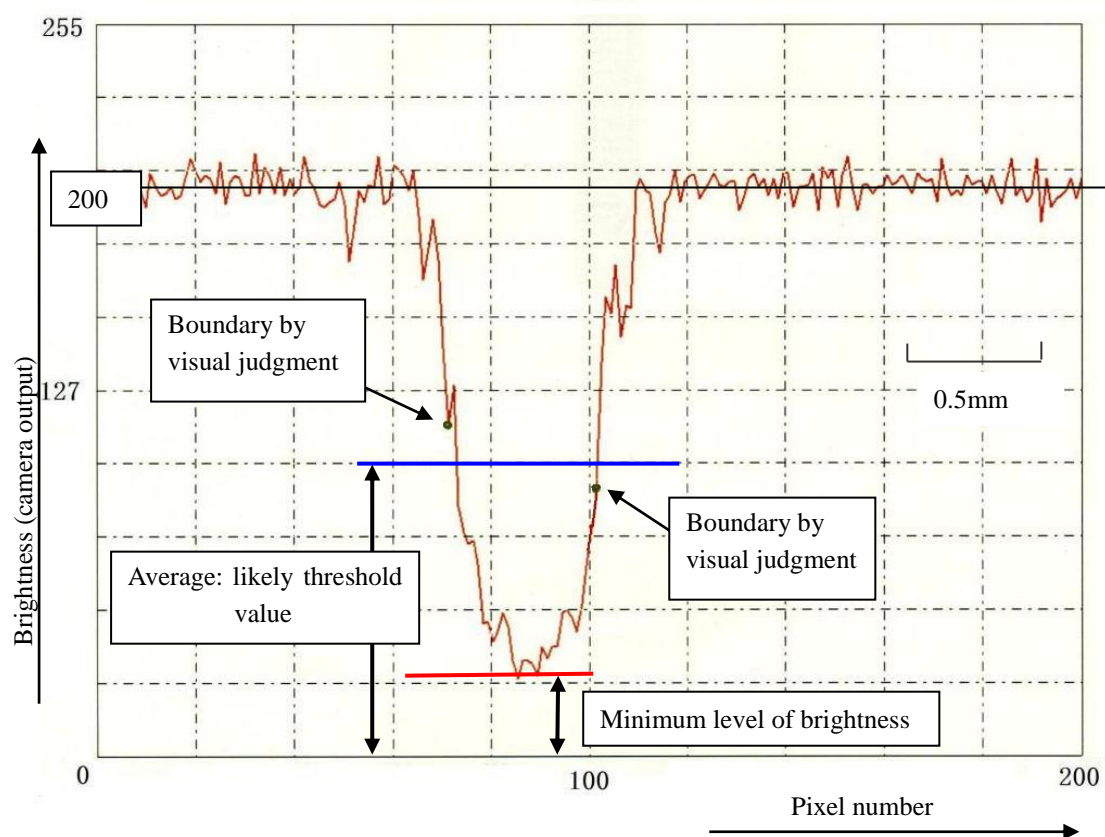


Fig. 3.23 Distribution of brightness across the yarn on state condition.

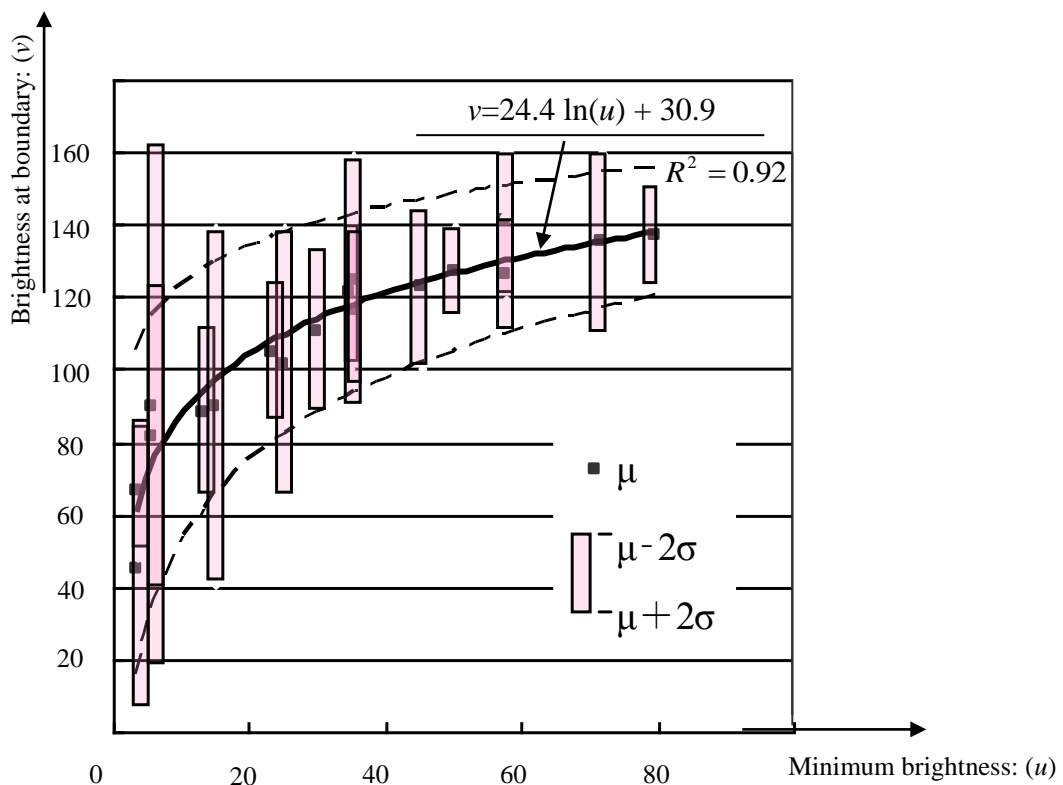


Fig. 3.24 Boundary brightness value for visual decision on yarn width of core.

糸本体と毛羽との境界と判断した目視の位置の平均明度値と、糸の最低明度平均値（ほぼ糸の本体中心部の明度）との関係については、最低明度平均値を横軸に、糸本体と毛羽との境界と指定した平均明度値(μ)、つまり閾値と考えられる値とを縦軸にとると、Fig. 3.24 に示すとおりとなる。なお、標準偏差を考慮した閾値の分布範囲も示している。これらから、ある断面の糸本体部分の最低の明度値と、糸本体と毛羽の境界の明度値である閾値との間には、強い相関があると確認できた。ここで測定対象とした糸幅の範囲の双糸であれば、Fig. 3.12 に実線で示したような、近似曲線で閾値を設定できる可能性があると考えられた。なお、この Fig. 3.14 には、静止時と走行時の両方の画像から算出された値が含まれているが、平均値(μ)の分布を見る限り、両者の間には相違がほとんど無いと考えられた。

ただし、この実験で求めた閾値の精度は、Fig. 3.24 に見られるようなばらつきから、それほど高いとは考えられなかった。そこで、この閾値式の精度を高めるために、糸幅をポイントではなく、一定の糸長分の糸幅を複数箇所目視で測定し、統計的手法を使って閾値式の修正を行う。

それは、目視で測定する見かけの糸幅をスキャナ画像から求め、同じコーンの糸のカメラ画像とこの閾値を適用して求められる糸幅と比較し修正を行うものである。なお、糸の張力は 49mN (5gf) と両者同じ設定値にした。

まず、Table 3.5 に示した各糸に対して、Fig. 3.25(a)に示すようなスキャナ画像を、糸長方向に10cm毎に50画像取得する。なお、使用したスキャナはEPSON ES10000Gで、解像度は3200dpiである。これを20または40倍に拡大した状態でプリントアウトし、Fig. 3.25(b)に示すように、1画像ごとに目視での見かけの糸幅の平均値を求める。この場合、糸の中心部と毛羽とが十分に識別可能な設定としている。

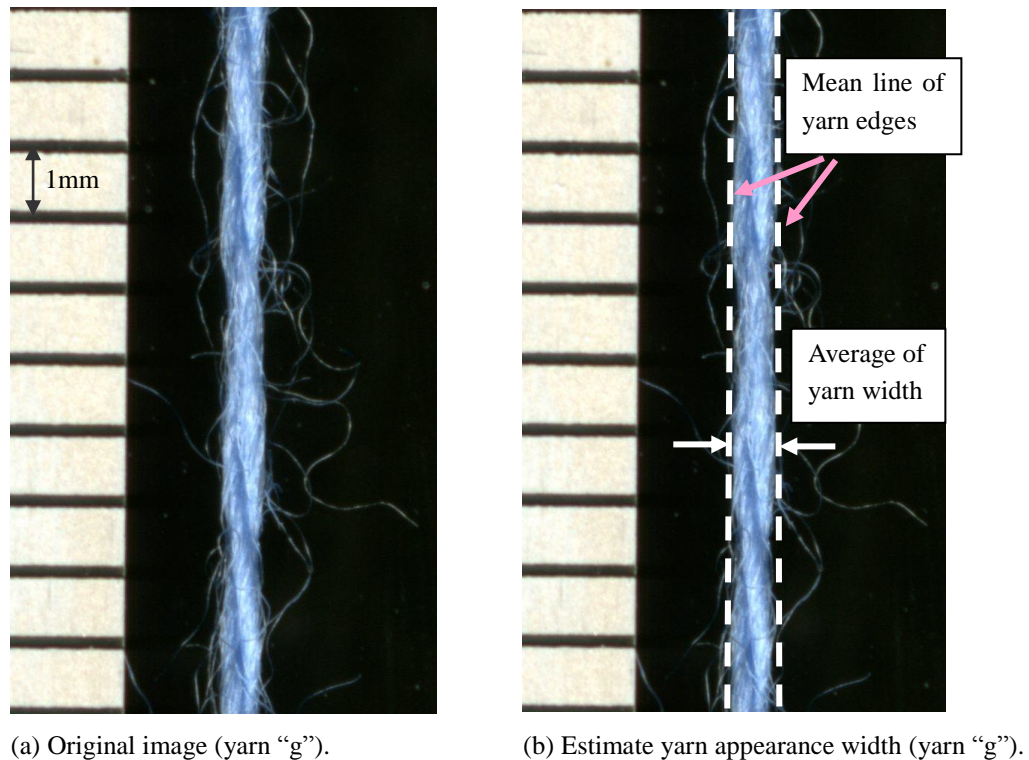


Fig. 3.25 Measuring yarn width based on scanner.

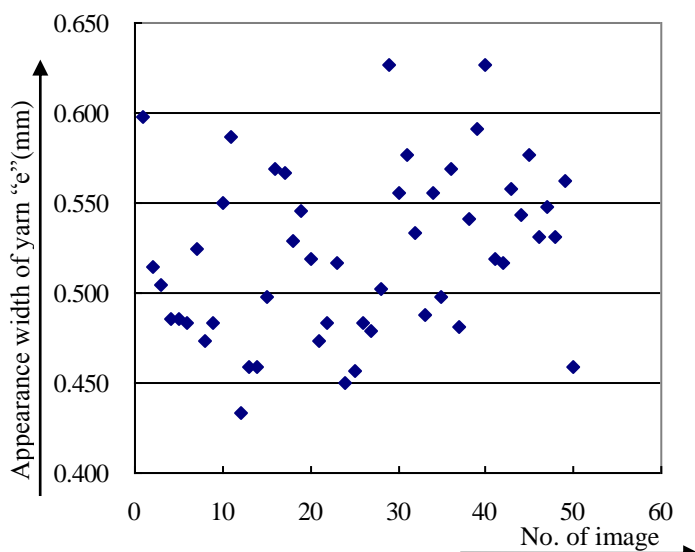


Fig. 3.26 Result of measuring yarn width from scan image of yarn "e".

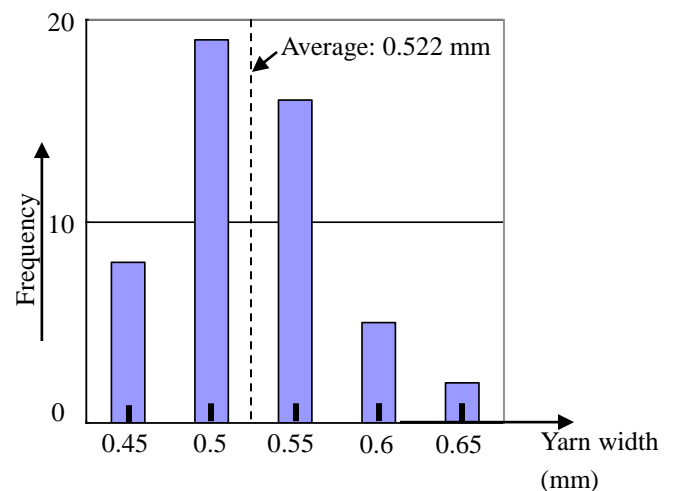


Fig. 3.27 Histograms of measuring yarn width from scan image of yarn "e".

なお糸種 e のスカナ画像から測定された、糸幅の測定結果の糸長方向の分布を Fig. 3.26 に、分布のヒストグラムを Fig. 3.27 にそれぞれ示す。このようにして測定される糸幅の分布は正規分布と考えられるので、これら 50 画像のデータから平均糸幅の有意水準 5% の範囲を求める。

閾値を決定する式の修正は、以下のような手順となる。

まず、閾値の関数を、(3.6)式に示すように決める。

$$v = a \times \ln(u) + b \quad (3.6)$$

ここで、 u : 最低明度、 v : 閾値、である。 a 、 b の係数の初期値については Fig. 3.24 の図中に示しているように、 $a = 24.4$ 、 $b = 30.9$ と得られている。

次に、Table 3.5 の糸それぞれの糸を、ここで示したスカナを使った方法に従って、49mN (5gf) の張力をかけた状態で、5%の有意差での平均糸幅の範囲を求める。次に、それぞれ同一コーンの糸を Fig. 3.1 の装置で同一の張力をかけて得られた 20m 長の糸画像に対して (3.6) 式の閾値を用いて、見かけの平均糸幅を求める。ここで、糸の一断面の糸幅は、Fig. 3.28 に示すように閾値を持つ 2 点のピクセル間の距離として求められる。

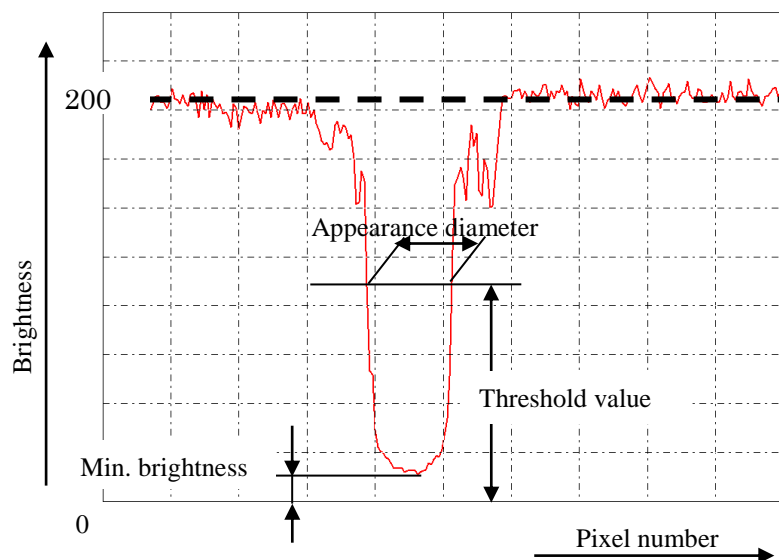


Fig. 3.28 Yarn width from threshold value for 1 section.

これらの結果から、今回の装置(以下、PC を含めて解析を行う場合はシステムと表記)を用いて求める平均糸幅が、スカナを使った方法で求めた 5%の有意差での平均の糸幅の範囲から乖離しないように、 a 、 b の係数を再設定する。これを繰り返して、最終的に両方の平均糸幅の値が乖離しない係数 a 、 b を決定して、それを閾値式の係数として採用する。実際には、1 回目の調整で $v = 34.9 \times \ln(u) + 3.04$ 、2 回目の調整で(3.7)式で表わされる閾値式を得た。

$$v = 34.8 \times \ln(u) + 1.47 \quad (3.7)$$

ここで, u : 最低明度, v : 閾値. ただし, v の最小値は 30 とする.

このようにして求めた閾値を使ってシステムで求めた平均糸幅と, スキャナを使って求めた糸幅の対比を, Table 3.10 に示す. このとき, $a = 24.4$, $b = 30.9$ としたときの初期の閾値式であった (3.6) 式と最終決定した閾値式の (3.7) 式を対比して, Fig. 3.29 に示す. 閾値式の傾きがやや強くなっている.

Table 3.10 Comparison of appearance yarn diameter of scanner image and using threshold

Yarn ¹⁾	Measurement result of scanner data				Measurement result of camera data with threshold.	
	Average of Width (mm)	Standard deviation (mm)	95% confidence interval		Average of minimum brightness	Average of Width (mm)
			Lower confident limit (mm)	Upper confident limit (mm)		
b	0.322	0.0346	0.312	0.332	75	0.321
c	0.504	0.0507	0.490	0.519	27	0.518
d	0.480	0.0361	0.470	0.491	43	0.481
e	0.530	0.0460	0.517	0.543	14	0.528
f	0.682	0.0662	0.663	0.701	3	0.693
g	0.510	0.0492	0.496	0.524	33	0.505
h	0.490	0.0386	0.479	0.501	61	0.495
i	0.480	0.0415	0.468	0.492	5	0.481

1) Yarn “a” doesn’t measure because yarn tension probe cannot afford accepts that width.

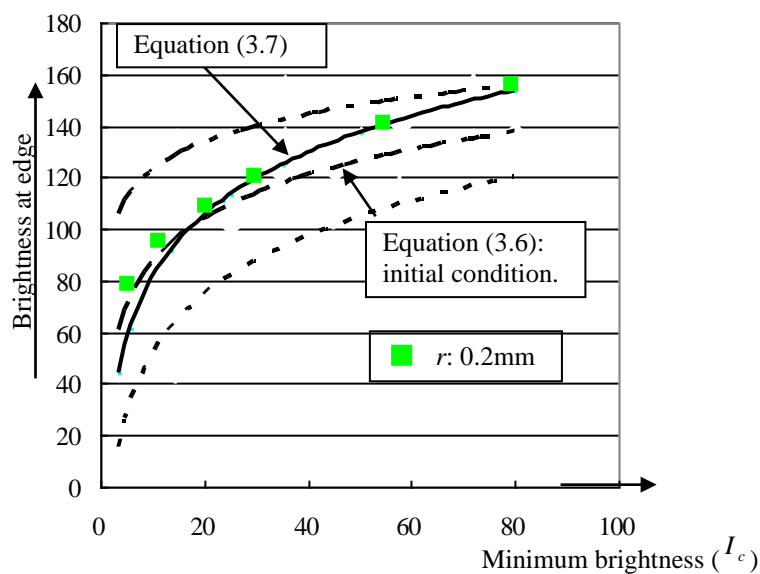


Fig. 3.29 Final and initial threshold equations.

カメラ画像，それを閾値で処理した画像，さらに糸長方向の糸幅の分布を示したものを Fig. 3.30～Fig. 3.32 にそれぞれ示す．Fig. 3.30 と Fig. 3.31 との比較から，毛羽が除去され，糸本体の凹凸が再現されていることがわかる．また，Fig. 3.32 から，この平均値から糸幅の算出が可能となることが分かる．

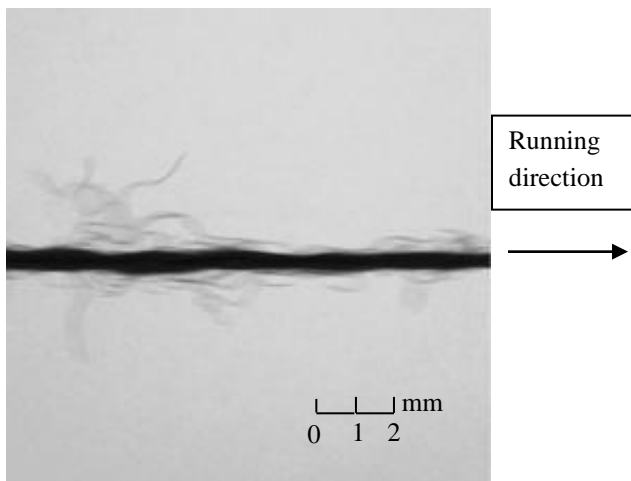


Fig. 3.30 Original yarn image on running condition (yarn “i”).

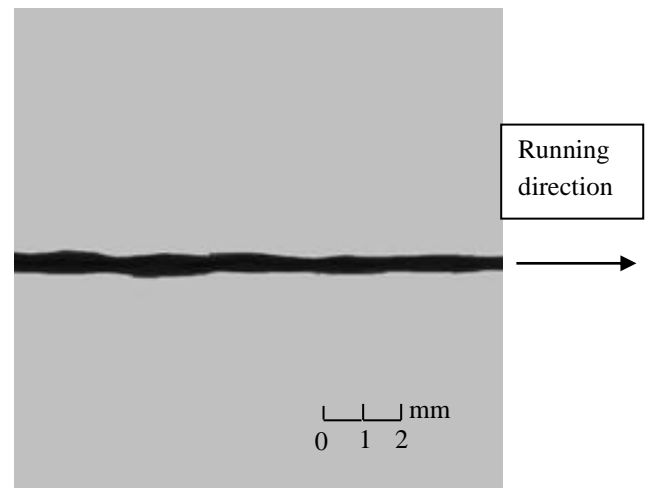


Fig. 3.31 Processing yarn image without hairiness on running condition (yarn “i”).

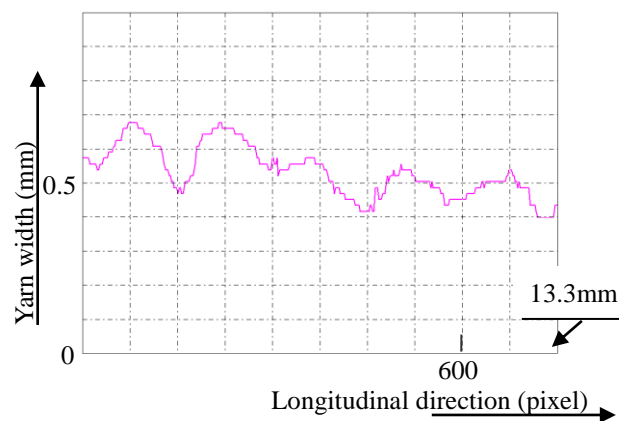


Fig. 3.32 Distribution graph of yarn width along yarn-length at 1 scene. (yarn “i”)

(2) 閾値確認実験

(a) 組成・線密度

Table 3.6 に示す糸に対して，(1) 項で行った，スキャナ画像およびシステムによるカメラ画像と閾値から求めた平均糸幅に対する検定での確認を行う．その計測結果を Table 3.11 に示す．Table 3.10 と同様に，見かけの糸幅および，システムによるカメラ画像と

(3.7)式の閾値から求めた見かけの糸幅が、乖離していないと考えられる。(3.7)式の閾値が、線密度が 25tex (2/80) から 16.7tex (2/120) までの範囲の糸、また組成が異なる場合に対しても汎用性があると考えられる。

Table 3.11 Validation of threshold value.

Yarn	Measurement result of scanner data				Measurement result of camera data with threshold	
	Average of width (mm)	Standard deviation (mm)	95% confidence interval		Minimum brightness	Average of width (mm)
			Lower confident limit (mm)	Upper confident limit (mm)		
j	0.493	0.0379	0.482	0.504	15	0.497
k	0.261	0.0241	0.254	0.268	57	0.254
l	0.254	0.0652	0.236	0.273	8	0.258
m	0.385	0.0358	0.375	0.395	70	0.375
n	0.204	0.0215	0.197	0.210	70	0.204
o	0.538	0.0561	0.522	0.554	34	0.544
p	0.338	0.0256	0.331	0.346	30	0.331
q	0.407	0.0403	0.395	0.418	13	0.401
r	0.495	0.0424	0.483	0.507	37	0.486
s	0.445	0.0586	0.428	0.462	10	0.462

(b) 糸送り速度

Table 3.7 に示した糸に対して、カメラ画像と(3.7)式の閾値とから求める糸幅の測定で、30m/min の走行速度の 100m 長の測定を 6 回行い、さらに、23m/min の走行速度（約 25% 減少）での 100m 長の測定を 1 回行う。この糸の走行速度の異なる 2 状態の平均糸幅に対する検定での確認を行う。

計測結果を Table 3.12 に示す。23m/min の走行速度での糸幅の測定結果は、30m/min での測定結果とほぼ同一であり、この範囲の速度による影響はないものと考えられる。

Table 3.12 Validation of influence of the yarn speed.

Yarn	30m/min				23m/min
	Average of width (mm)	Standard deviation (mm)	95% confidence interval		Average of width (mm)
			Lower confident limit (mm)	Upper confident limit (mm)	
e	0.527	0.0049	0.517	0.537	0.532
t	0.690	0.0053	0.680	0.701	0.691
u	0.449	0.0020	0.445	0.453	0.450

(c) 糸張力

(3.7)式の閾値は、糸の張力が 49mN (5gf) での条件下で、決定したものである。糸走行時には張力の変動がある。そこで、張力の変化による閾値への影響を確認するため、張力の設定値として、20mN (2gf), 49mN (5gf), 98mN (10gf), 147mN (15g) の条件を設けた。さらに Table 3.8 に示す糸に対して、(1) 項で行った、スキャナ画像およびシステムを使ったカメラ画像と閾値からの平均糸幅に対する検定で確認を行う。

計測結果を、Table 3.13 に示す。スキャナ画像から目視で求めた見かけの糸幅と、カメラ画像と閾値から求めた糸幅のそれぞれの平均値は、糸種 v の設定張力 20mN (2gf) 以外は乖離してないと考えられる。

したがって、49mN (5gf) 以上 147mN (15gf) 以下の領域の張力下では、(3.7)式の閾値への影響はないと考えられる。

Table 3.13 Validation of influence of the setting initial tension.

Yarn	Setting yarn tension (mN)	Measurement result of scanner data				Measurement result of camera data with threshold.
		Average of width (mm)	Standard deviation (mm)	95% confidence interval		Average of width (mm)
				Lower confident limit (mm)	Upper confident limit (mm)	
e	20	0.573	0.0580	0.557	0.590	0.571
	45	0.530	0.0460	0.517	0.543	0.536
	98	0.525	0.0514	0.510	0.539	0.515
	147	0.483	0.0513	0.468	0.498	0.498
i	20	0.503	0.0485	0.489	0.517	0.500
	45	0.483	0.0470	0.470	0.497	0.482
	98	0.466	0.0373	0.455	0.476	0.467
	147	0.447	0.0418	0.435	0.459	0.453
v	20	0.405	0.0402	0.399	0.411	0.391
	45	0.372	0.0436	0.365	0.378	0.368
	98	0.352	0.0297	0.347	0.356	0.356
	147	0.342	0.0261	0.334	0.349	0.348

(d) フィラメント糸

Fig. 3.17 に示す釣り糸の、マイクロスコープおよび、このシステムを使ったカメラ画像と閾値の組み合わせでの測定結果を Table 3.14 に示す。この測定は、糸幅の測定精度確認のために行った。糸幅は推定範囲内に収まっている。

なお、実際のマイクロスコープでの測定画像を Fig. 3.33, Fig. 3.34 に示す。

Table 3.14 Validation of measurement method by fishing-line.

Color	Black	Orange
Nominal diameters (mm)	0.235	0.285
Measuring value by microscope (mm)	0.235 ~ 0.242	0.290 ~ 0.300
Predict value based on threshold (mm)	0.225 ~ 0.260	0.294 ~ 0.311
Measurement by using threshold in running condition (mm)	0.247	0.310
Measurement by using threshold in state condition (mm)	0.246	0.308

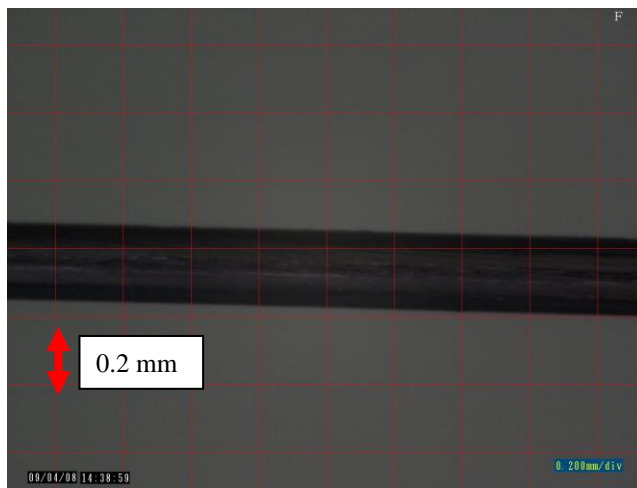


Fig. 3.33 Photo of fishing-line for measuring width (Black).

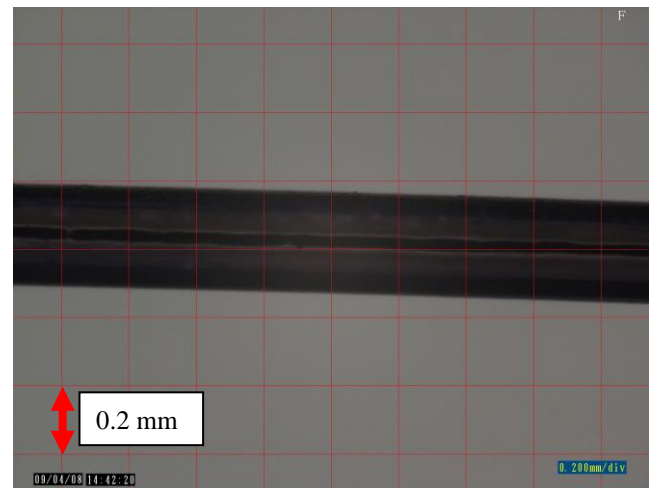


Fig. 3.34 Photo of fishing-line for measuring width (Orange).

(e) 一般試験

システムを使ったカメラ画像と(3.7)式の閾値を使う方法で、カシミヤ 100%の同銘柄の双糸の線密度(番手)違い、色違いの130種の糸に対し、速度23m/min、設定荷重49mN(5gf)として糸幅を測定した。これらの見かけの平均糸幅の分布状況の確認を行う。

測定結果を Fig. 3.35 に示す。同じ組成、同じ線密度(番手)であっても、その平均糸幅は色等によっても異なる。なお分布範囲として(平均値 $\pm 3 \times$ 標準偏差)を示している。一般的に知られている、糸幅が番手と関連しているのがわかる。ただ、同じ番手でも糸幅に10%程度の差がありうるということが推測される。

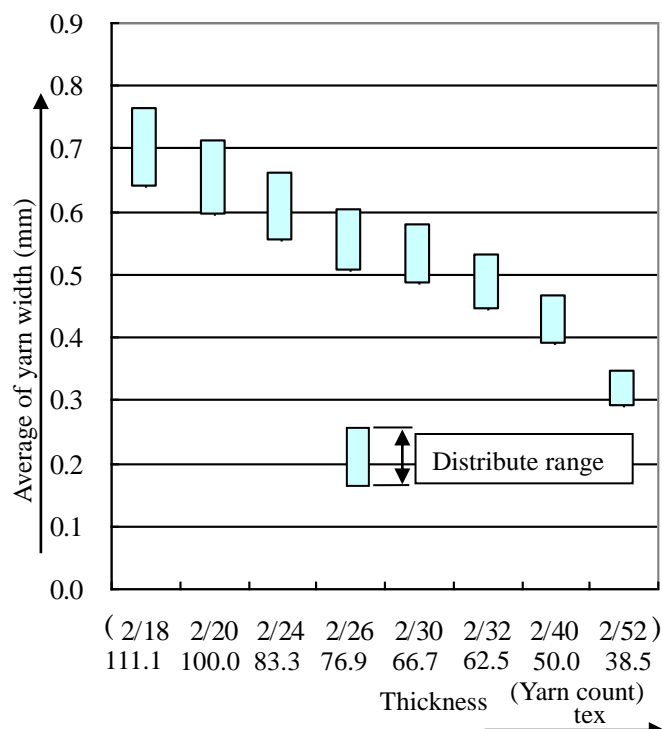


Fig. 3.35 Distribution of yarn width range based on yarn count.

3.2.4 まとめ

これらの確認作業から、Fig. 3.2 に示す光学系を含むシステムで得られる糸画像に、(3.7)式の閾値式を適用することで、見かけの平均糸幅 0.2mm~0.8mm の範囲（番手 2/120 ~2/16 に相当）に対して、横編機の編成で通常使われるセルローズ系，獣毛系，シルクなどの組成の双糸は、精度良く測定できることが確認できた。

3.3 糸の上撚り回数の測定方法

3.3.1 はじめに

糸の上撚り回数を測定するには、解撚加撚方式を別にすれば、一般的には解撚器を用いて、実際の回数をマニュアルでカウントする方法が用いられている。

糸の投影画像から、上撚り回数を算出する方法としては、取得された糸画像に対してガウス形状を当てはめ、その単位長さあたりの当てはめた個数から、撚り回数を求める方法が示されている[52]。

どちらの方法も、マニュアルの作業が多く発生するため短時間でその物性を捉えることは難しい。そこで、3.2 節に示す方法で求められた、糸幅の糸長方向の分布図から上撚り回数の解析を行う。

3.3.2 上撚りの測定原理

双糸の糸の幅の分布が、Fig. 3.32 のように求められている。このような、双糸の本体部分を一方向から見た画像から求めた糸幅の分布では、その凹凸変動が撚り回数に比例す

る. Fig. 3.36 に示すように, 双糸であれば, 撚り回数一回に対しシルエットの凹凸が 2 周期分現れる. このような関係と, 上撚りによるこの凹凸の長さが短い距離の中では変化することが少ないとすると, カメラで捉える 13.3mm 長さの 1 シーンの画像に FFT 解析を使って基本周波数を分析することで, 上撚り回数を求めることができる.

Fig. 3.37 に, Fig. 3.32 のデータ (下記再掲) の FFT 解析結果を示す. 図中に示しているように, Fig. 3.32 に示す糸幅の分布であれば, 上撚り回数は FFT の結果が 5.2Hz と求まり, 2.6 回/1 シーンと求まる.

つまり, 凹凸の基本周期に相当する長さ ℓ (cm) が求まると, その 1m あたりの撚り回数 T_w は, その糸が双糸であれば, (3.8) 式で求められる.

$$T_w = 100 / (2 \cdot \ell) \quad (3.8)$$

なお, 三子糸の場合には, (3.7) 式中の右辺の分母の係数 "2" を "3" にすれば, 同様に求められると推測される.

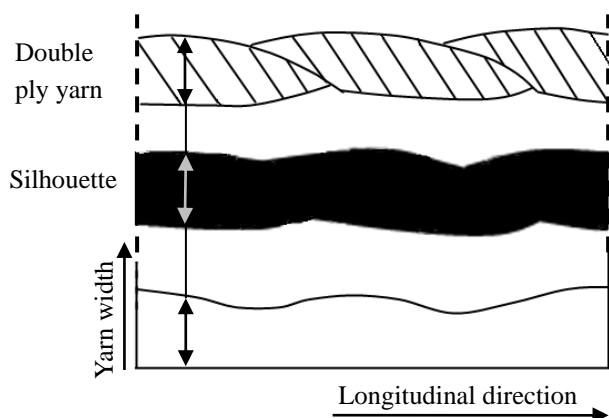


Fig. 3.36 Schematics of double ply yarn width.

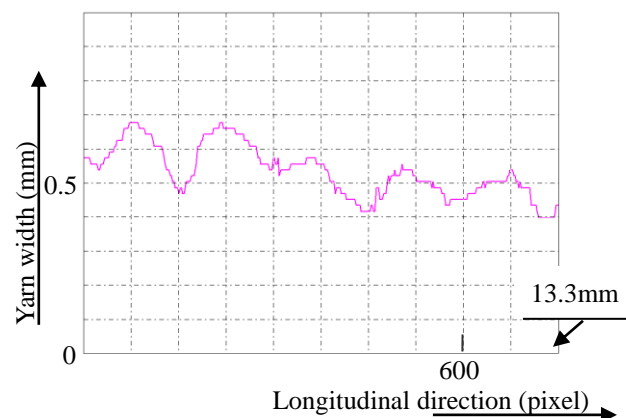


Fig. 3.32 Distribution graph of yarn width along yarn-length at 1 scene. (yarn "i") <re-mentioned>

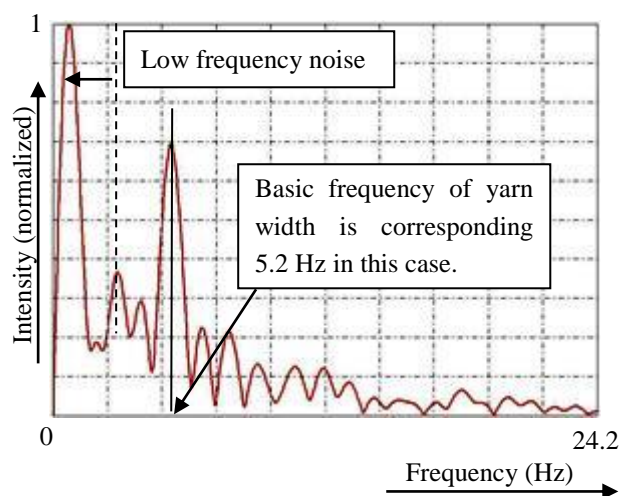


Fig. 3.37 Power spectrum of yarn width for evaluating final twist.

さらに Fig. 3.37 に示す低周波ノイズの除去については，糸幅を $w(\text{mm})$ ，その閾値としての長さを $\ell'(\text{mm})$ として次式で設定した．

$$\ell' = 11 w \quad (3.9)$$

(3.9)式で表わされる波長に相当する周波数以下の低周波成分をノイズとして除外している．

3.3.3 実験試料

走行時の糸を模した撚り算出用のモデル画像，Fig 3.38 に示すものである．画像を変形して，0.2mm から 0.8mm の糸幅に対する撚り回数の計算を 3.3.2 節の方法で行うと，求められる上撚り回数は，精確であることを確認した．



Fig. 3.38 Calculation model for evaluating final twist.

以下に実際の糸を対象に確認を行う．

3.3.3.1 目視試験糸

Table 3.15 に示す糸を計測に用いた．今回使用した測定システムの糸幅計測対象範囲全体に渡るように選択した．なお目視で行う上で梳毛糸を主に選んだ．糸種“7”のみ紡毛糸である．

Table3.15 Test for visual check.

Yarn	Component	Thickness tex (Count)	Color
1	Cashmere 70%, silk 30%	16.7(2/120)	White
2	Cashmere 5%,silk 10%, wool 85%	16.7(2/120)	White
3	Wool 100%	25.0 (2/80)	White
4	Wool 100%	66.7 (2/30)	Red
5	Wool 100%	66.7 (2/30)	White
6	Wool 100%	66.7 (2/30)	Black
7	Wool 100%	125.0(2/16)	Black

3.3.3.2 糸種試験糸

Table 3.16 に示す糸を計測に用いた。綿糸、紡毛、梳毛、麻、混紡など紡績の種類が異なるものを選択した。なお、Table 3.15 と共通のものも含まれている。

Table 3.16 Test for confirmation of final twist.

Yarn	Component	Thickness tex (Count)	Note
1	Cashmere 70%,silk 30%	16.7 (2/120)	Worsted
6	Wool 100%	66.7 (2/30)	Worsted
8	Cashmere 100%	33.3 (2/60)	Worsted
9	Cashmere 100%	76.9 (2/26)	Woolen
10	Wool 90%, cashmere 10%	125.0 (2/16)	Woolen
11	Cotton 100%	59.1 (20/2) ¹⁾	
12	Linen 100%	59.1 (20/2) ¹⁾	
13	Acrylic 40%, linen 30%,cotton 30%	76.9 (2/26)	
14	Silk 35%, cashmere 35%,wool 30%	50.0 (2/40)	

1) English count (Other: metric count)

3.3.3.3 上撚り数変化試験糸

Table 3.17, Table3.18 に示す糸を計測に用いた。Table3.17 では、糸の線密度がそれぞれ 38.5tex (1/26), 25tex (1/40), 12.5tex (1/80) の単糸に対して、単糸の撚り数をそのままに上撚りを 3 種類変えた糸を用意した。通常の上撚りと下撚りとのバランスを取った糸と、上撚りの撚り数を増やした糸と少なくした糸である。Table 3.18 に示す糸は、下撚り数と上撚り数共に通常よりも増やした強撚糸である。

Table 3.17 Test for influence of final twist.

Yarn	Single yarn Thickness tex (Count)	Pre-twist (turns/m)	Designed final twist (turns/m)	Note
X1			202	Cashmere
X2	38.5 (1/26)	340	250 ¹⁾	100%
X3			304	Woolen
Y1			250	Cashmere
Y2	25.0 (1/40)	500	304 ¹⁾	100%
Y3			350	Woolen
Z1			350	Cashmere
Z2	12.5 (1/80)	760	473 ¹⁾	100%
Z3			589	Worsted

1) Balanced between pre-twist and final twist.

Table 3.18 Test for tight twist yarn.

Yarn	Single yarn	Pre-twist (turns/m)	Designed final twist (turns/m)	Note
	Thickness tex (Count)			
W	38.5 (1/26)	600	350	Strong twist

3.3.3.4 一般試験糸

カシミヤ 100%の、同銘柄で線密度、色の異なる双糸 130 種類について上撚りの測定を行った。線密度については、111.1tex (2/18) から 38.5tex (2/52) である。

3.3.4 実験方法と結果

システムに対して糸を走行させて計測を行う。3.3.4.2 節以降の測定では、張力を 49mN(5gf)、走行速度を 23m/min として計測を行っている。

3.3.4.1 目視試験

Fig. 3.30 に示すような糸の画像に対して、目視によって撚り回数を捉えたものと、3.3.2 節で示した FFT を使って撚り回数を算出したものとを 10 または 20 画像を対象に行った。これを Table 3.15 に示す糸に対して実施し、それぞれ 1 画像当たりの上撚り回数の平均値として求めた。その結果を Table 3.19 に比較して示す。糸種“7”を除いて、目視とシステムの上撚り回数の測定結果は、ほぼ一致している。

Table 3.19 Results of test for visual check.

Yarn	Sample number	Average of final twist (per scene)	
		Visual	System
1	20	8.73	8.60
2	20	8.55	8.41
3	10	5.78	5.61
4	10	2.87	2.68
5	10	2.58	2.45
6	10	2.64	2.48
7	10	2.24	2.78

3.3.4.2 糸種試験

Table 3.16 に示す糸に対して、100mm 長、20 サンプルに対する解撚法による測定と、3.3.2 節に示した方法によるシステムで測定長 100m とした測定とを行った。それぞれ上撚り回数の平均値と標準偏差を求めた。結果を Table 3.20 に示す。ここで選んだ種類の糸については、両者の上撚り回数の数値は糸種“9”を除いてその差が 5%以内と、よく一致している。紡毛糸の糸種“9”では、約 13%の差がある。糸種“9”は紡毛糸である。

Table 3.20 Results of confirmation of final twist

Yarn	Twist counter		System	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
1	63.2	5.6	62.5	5.5
6	19.6	2.2	20.5	1.5
8	37.2	4.1	38.0	4.2
9	25.0	1.3	21.7	1.4
10	33.0	2.0	31.7	2.0
11	39.8	2.9	39.3	3.3
12	21.4	1.7	22.3	1.4
13	30.1	5.3	31.2	2.9
14	29.0	3.6	28.8	2.0

unit: turns/100mm

3.3.4.3 上撚り数変化試験

Table 3.17, Table 3.18 に示す糸に対して、100mm 長、20 サンプルに対する解撚法による測定と、3.3.2 節に示した方法によるシステムで測定長 100m とした測定とを行った。それぞれ上撚り回数の平均値と標準偏差を求めた。その結果を Table 3.21 に示す。

Table 3.21 Results of influence of final twist.

Yarn	Twist counter		System	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
X1	21.4	1.3	19.6	1.2
X2	25.7	2.0	23.1	1.4
X3	30.5	1.8	25.8	1.6
Y1	25.4	1.9	24.6	1.6
Y2	30.9	1.7	27.6	1.7
Y3	34.9	2.6	32.3	1.9
Z1	36.1	3.5	36.3	3.1
Z2	48.2	5.0	45.2	3.8
Z3	60.5	5.0	55.7	4.2
W	36.6	3.5	33.9	2.9

unit: turns/100mm

Table 3.17 と Table 3.18 に示す糸の、解撚法とシステムで求めたそれぞれの上撚り回数を比較して Table 3.21 に示す。ここで、設計上の上撚り回数と、解撚法で測定された上撚り回数を比較すると、両者の回数の差はほとんどが 3%以内であり、よく一致している。

ここで測定した糸では、下撚り回数と上撚り回数の相互間の、システムでの測定値への影響を確認するための測定を行っている。“X”と“Y”は紡毛糸，“Z”は梳毛糸である。紡毛糸の“X”と“Y”については、上撚り回数が下撚り回数に対する通常の撚り回数よりも多くなければ、解撚法とシステムのそれぞれの測定された上撚り回数は 10%以内の差に収まっている。また梳毛糸の“Z”については、どの場合でも 8%以内の差に収まっている。

上撚り回数が、下撚り回数に対して適正とされる回数よりも 25%多い糸種“X3”では、その差は 15%となっている。ただし、上撚り回数が下撚り回数に対して適正とされる撚り回数であれば、糸種 X3 と同じ番手の強撚糸の糸種 W に見られるように、その上撚り回数の差は 8%である。

3.3.4.4 一般試験

カシミヤ 100%の、同銘柄で線密度、色の異なる紡毛糸の双糸 130 種類について上撚り回数の測定を行った。線密度については、111.1tex (2/18) から 38.5tex (2/52) までの糸、8 種類の線密度の糸である。Fig. 3.39 に上撚り回数の測定分布範囲を（平均値 $\pm 3 \times$ 標準偏差）として示している。また、生産時の設計値を丸印（●）で示している。

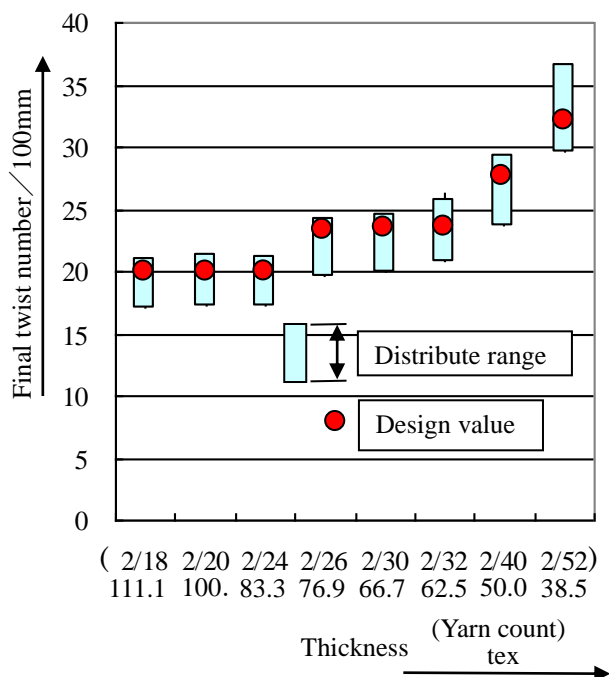


Fig. 3.39 Distribution of yarn final twist number based on yarn count.

3.3.4.5 紡毛糸の外形と上撚り数

糸種 9 の紡毛糸の静止画像を Fig. 3.40 に示す。3.3.2 節で考慮した上撚りと糸の外形形状の関係は、梳毛糸の画像である Fig. 3.30 もしくは Fig. 3.31 ではその関係が明確に捉えられている。このような梳毛糸に対して、紡毛糸では Fig. 3.40 に示すようにこの関係が明確に捉えられない画像が梳毛糸よりも多い。これが紡毛糸で、解撚法とシステムで求めたそれぞれの上撚り回数に他の糸種よりも数%の差を生じる原因となっていると考えられる。

また、糸種 X3 に見られているが、下撚りに対して上撚りが多くなると、Fig. 3.41 に示すように、糸幅が細いところに上撚りが多く掛かる傾向が増えていることが見てとれる。このため、この図のような上撚り回数に偏在が多く生じるようになると、FFT によって糸幅の基本周期を求める方法での誤差を生じさせることになる。

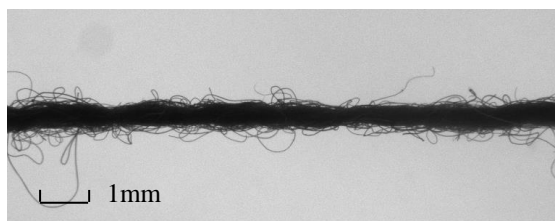


Fig. 3.40 Image of yarn “9”, woolen yarn.

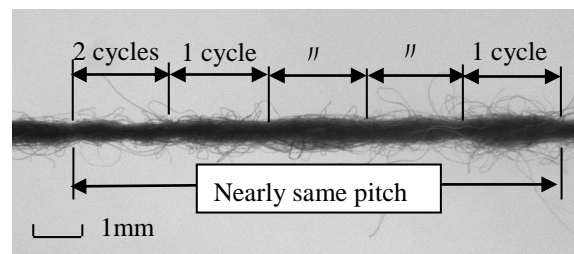


Fig. 3.41 Cause of the error in case of yarn “X3”.

3.3.5 まとめ

ここでの測定対象としている双糸の範囲、番手では $2/120 \sim 2/16$ 相当の糸に対して、走行時に捉えた糸画像から、

- 1) 梳毛糸、綿糸などでは、解撚法と比べてその差がおおよそ 5% 以内の差。
- 2) 紡毛糸では、解撚法と比べてその差がおおよそ 10% 以内の差。

で捉えている。これらの計測は対象となった糸の同じ箇所の測定ではない。しかしながら、この“差”を“誤差”と読み替えてもほぼ問題ないと考えられる。

3.4 摩擦測定

3.4.1 はじめに

摩擦については、エイコー測器株式会社製糸物性測定装置 (FPA/M) と、同等の仕組みを持つように設計する。それは、2 章で述べた摩擦 CV% (2 次側の張力の標準偏差と平均の比率) に関するデータとの相関を見る上で、必要と考えられるからである。ただし、糸幅、上撚りの物性は、張力を一定にした状態で測定する必要があると考えられるため、摩擦の測定モジュールは糸幅・上撚り測定モジュールの後に置かれる。

なお装置としては、張力センサー、モーターなどのハードウェア、1 次側の張力制御やフィードバック制御、データ解析などは、全く別物となっている。

3.4.2 測定方法

摩擦については、アモントンの法則に基づいた解析を行う。摩擦計測のためのテストボードには、編針をセットしたものを採用する。その概略図を Fig. 3.42 に示す。糸が一定速度で走行して編針を通過する。

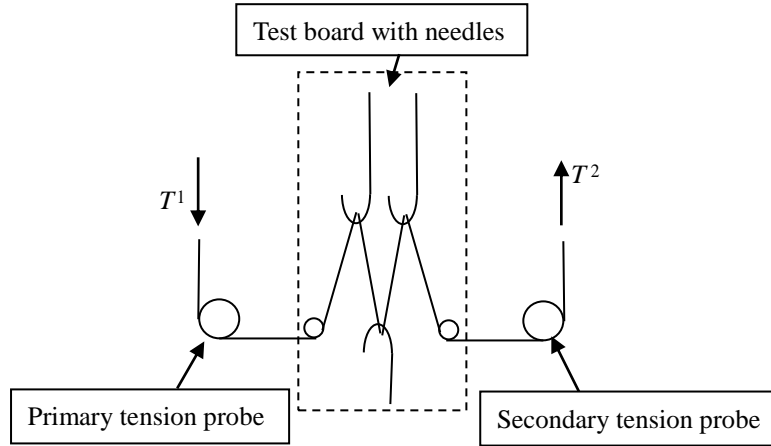


Fig. 3.42 Overview of friction measuring module.

なお、機構的には、1次側の張力 (T_1) を一定に制御した状態で糸幅と上撚りを計測するため、張力コントローラ、糸幅・上撚りモジュール、摩擦モジュール、スピードコントローラの順に設置する。

摩擦係数は、(3.10)式で計算される。

$$\mu = \frac{1}{\theta} \ln(\tilde{T}_2 / \tilde{T}_1) \quad (3.10)$$

ただし、 μ : 摩擦係数、 θ : 糸と針の係り角度(rad.)、 \tilde{T}_1 : 1次側の張力の平均値、 \tilde{T}_2 : 2次側の張力の平均値とする。また、 T_1 : 1次側の張力、 T_2 : 2次側の張力とすると、これらの関係は、一般的には次式で示される。

$$T_2 = T_1 e^{\mu \theta} \quad (3.11)$$

3.5 測定システム

3.5.1 はじめに

糸の見かけ幅、上撚り（回数）、摩擦（張力）の物性を測定する方法が整ったので、これらを同時にデータ取得、解析する装置を設計・製作を行った。解析においては、これらの測定項目に対して、平均値などの統計値と、FFTによる周波数分析を行うようにした。

3.5.2 外観と仕様

光学的に糸の見かけ幅と上撚りおよび、従来の方法での摩擦の物性を同時に測定するように、これらを組み合わせたシステムを Fig. 3.43 に示す。また、概略寸法を Fig. 3.44 に示す。測定装置は、張力制御ユニット、測定ユニット、巻き取りユニットから構成される。これら以外に、糸立て台および、各ユニットの制御とデータ処理用の PC が組み合わされる。

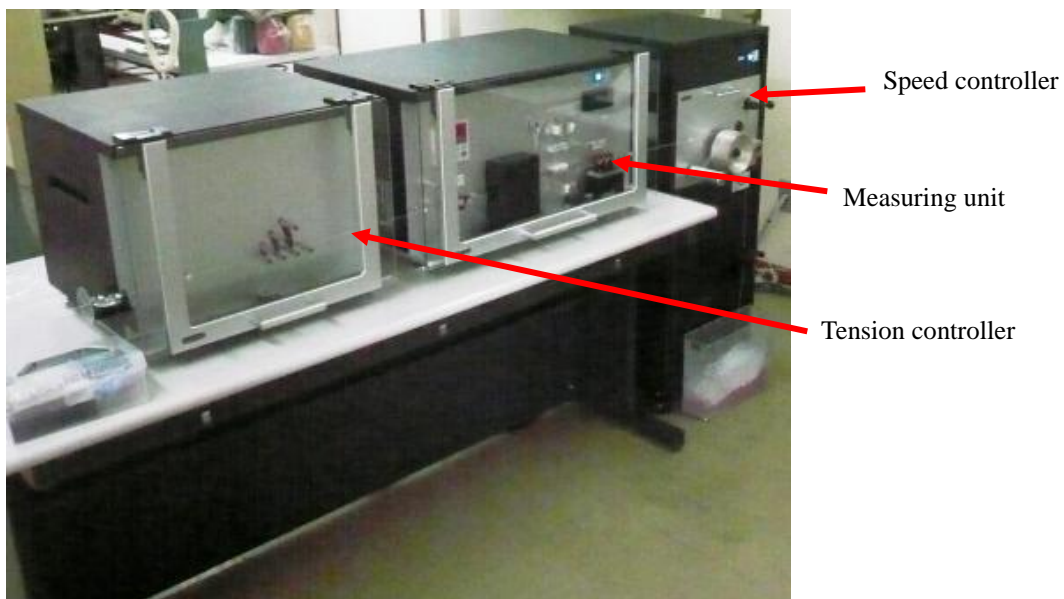


Fig. 3.43 Overview of experimental setup.

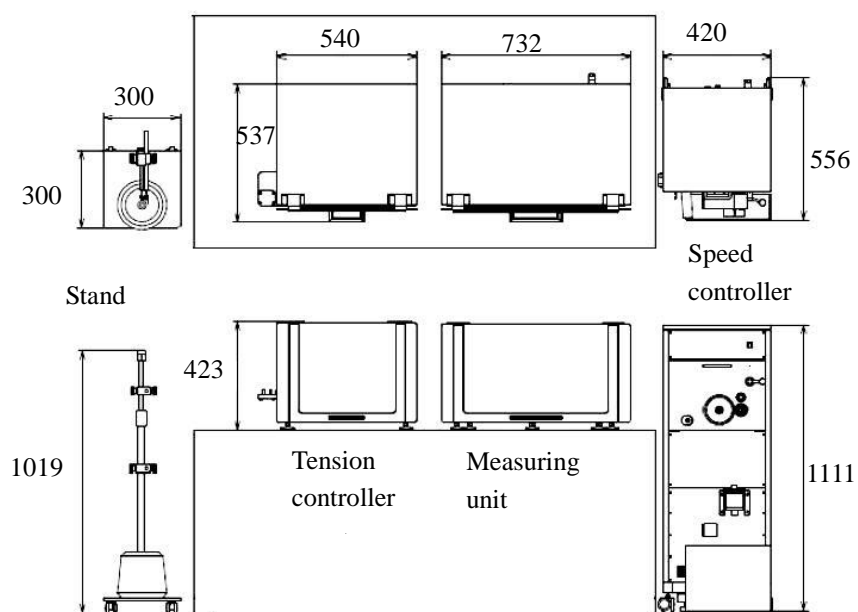


Fig. 3.44 Dimension of experimental setup.

測定ユニットのセンサー類の配置を Fig. 3.45 に示す. システムの仕様は Table 3.22 に示すとおりである.

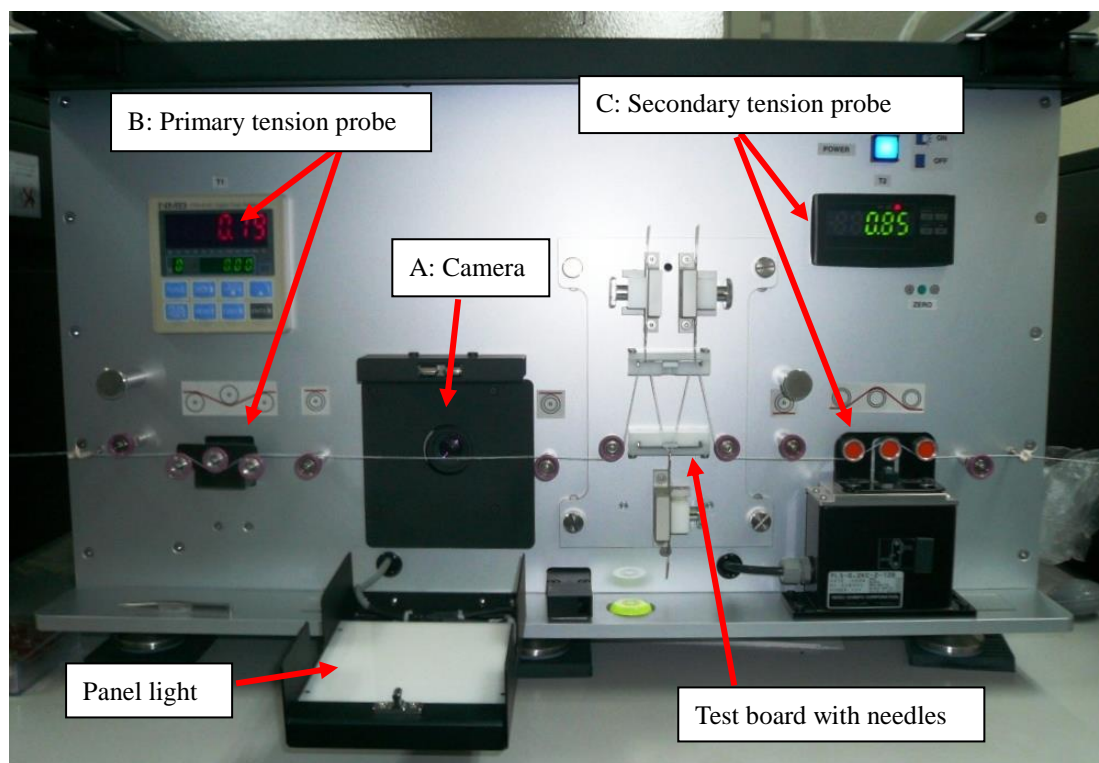


Fig. 3.45 Photo of measuring unit.

Table 3.22 Hardware and measuring condition of the system.

Hardware	Camera	Flea2 08S2M-C Point Gray Research Inc.
	Light	LDL-100×100 CCS Inc.
	Primary tension probe	PLS-20G NIDEC-SHIMPO Co.
	Secondary tension probe	PLS-0.2K-2-12 NIDEC-SHIMPO Co.
Condition	Measuring range	16.7~125tex (2/120~2/16) Width abt. 0.2mm~0.8mm
	1pixel of camera	0.0173mm
	1scan length	13.3mm
	Running speed	23m/min.
	Max measuring length	100m at 23m/min.
Accuracy	Final twist	Within ± 0.2 turns/100mm at 16.6tex (2/120) yarn
	Running yarn length	Within $\pm 0.5\%$

データ解析において、糸幅、上撚りについては 100mm 長の移動平均値でデータ処理を行い、摩擦（張力）については 100msec での移動平均値でデータ処理を行っている。

3.5.3 データ処理の流れ

測定原理は、3.2 節～3.4 節に示されている。ここではデータ処理の流れを示す。

3.5.3.1 糸の見かけ幅と上撚り

糸幅と上撚りについては、測定対象の糸をスピードコントローラによって一定速度で走行させ、張力制御ユニットで初期張力を一定に制御する。この糸を Fig. 3.45 の測定ユニットにおける図中の A で示される CCD カメラで画像として取り込む。取り込んだ画像に対して、以下の順序での画像処理・データ解析を行っている。

- 1) 取り込まれた糸画像に対して、糸の幅方向の一次元データの画像を画面全体分で構成する。これに対して、最低明度の平均値をとり、この値から閾値を設定する。
- 2) この閾値と糸幅方向の明度値の分布から、1 断面の糸の本体部分の幅を判別する。
- 3) 糸の長さ方向に、2) の判別した作業を繰り返し、糸を再構成する。
- 4) 再構成した糸の長さ方向の分布にたいして、幅の平均値算出と幅の変化に対するフーリエ変換を行い、捉えられた 1 画像内での撚り回数とを取得する。
- 5) この 1 画像のデータを 1 個の離散値として、測定する糸の長さ方向に分布させる。
- 6) さらに、この離散値に対して、糸幅、撚り回数に対して平均値、標準偏差、フーリエ変換による周波数分析を行う。また、変動の程度を表わす CV% 値（標準偏差と平均値との比）の計算を行う。

Fig. 3.46 に、処理の流れの概略を示す。

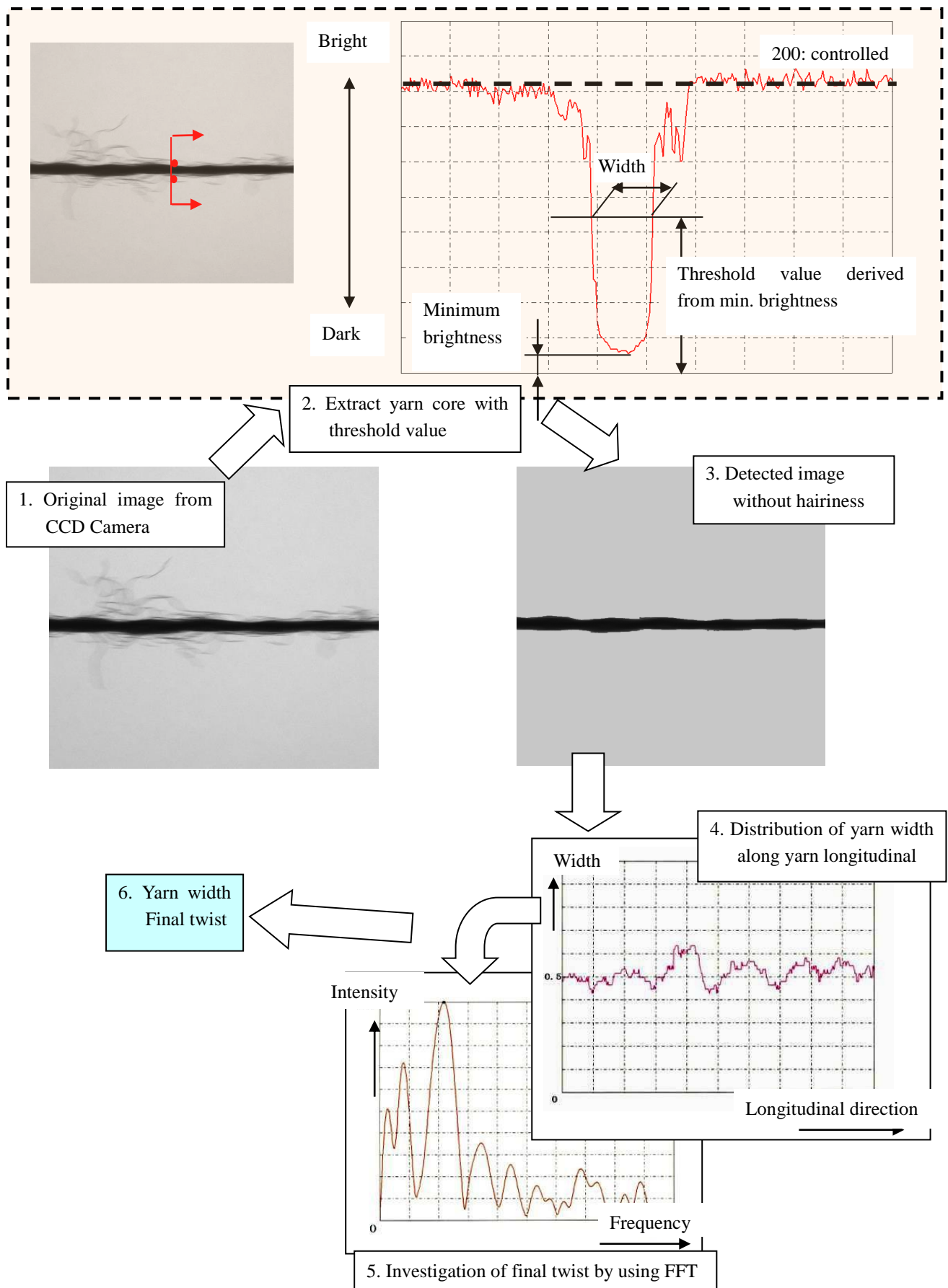


Fig. 3.46 Data processing scheme

3.5.3.2 摩擦（張力）

糸の摩擦物性については、Fig. 3.45 に示す B、C のそれぞれ 1 次側，2 次側の張力センサーで、糸の張力を取得して解析を行っている。処理については、それぞれ、1 次側 B で測定される張力を T_1 、2 次側 C でのそれを T_2 として表わすと、

- 1) 取り込まれた張力 T_1 と T_2 との平均値と、針と糸の係り角度とを、アモントンの法則 (3.10) 式に適用して、この平均摩擦係数を算出。
- 2) T_2 での張力変動について、摩擦 CV% 値を取得。
- 3) T_2 での張力変動に対して、FFT による周期分析を行う。

なお、ここでの張力測定には、3 点ローラタイプの張力センサーを用いている。このため、測定される張力にこれらのローラーの影響を考慮した。（方法については、APPENDIX A を参照のこと）

3.5.4 測定の流れ

測定対象の糸をシステムにセットし、初期張力のバイアス分をマニュアルで調整する。その後、測定条件を設定して計測を開始する。

3.5.4.1 測定条件設定

測定時の測長距離，速度などを設定する。また測定項目として、糸幅，撚り，摩擦の 3 項目から選択することとしている。設定画面では、測定する糸の糸名，番手などの登録も行う。この条件設定・登録の画面を、Fig. 3.47 に示す。

測定品種		測定条件	
糸名	WOOL	測定者	koganeva
色名	赤	日時	2010/02/24 13:13
ロット N o.	TEST	温度 °C	26.0
番手	2/30	湿度 %	37
組成	WO100%	測定長 m	100
撚糸	双糸	送り速度 m/min	23
紡績法	梳毛	T1 設定値 g f	5.0
ロウビキ	<input type="radio"/> 有 <input checked="" type="radio"/> 無	摩擦	<input checked="" type="radio"/> 糸-針 <input type="radio"/> 糸-筒 <input type="radio"/> 糸-糸
コーン	9°15'	測定項目	<input checked="" type="checkbox"/> 糸幅 <input checked="" type="checkbox"/> 糸撚り <input checked="" type="checkbox"/> 摩擦
染色			<input checked="" type="checkbox"/> 番手
コメント			
備考			

Fig. 3.47 Input form of measuring condition.

3.5.4.2 解析結果出力

糸の平均幅，撚り回数，摩擦係数などの平均値，及びこれらの項目の CV%（標準偏差と平均値の比）などの数値は，計測条件と共にブリーフレポートとして出力する．その後，糸幅，撚り回数，摩擦（1 次，2 次側の張力）の 3 測定項目の経時計測結果（タイムヒストリー）を，変動を相対的に比較することを考慮して，各縦軸の原点位置を偏位して表示している．さらにその後には，糸幅，撚り回数，2 次側および 1 次側の張力の変動に対して，FFT 解析結果のシートをそれぞれ出力する．

Fig. 2.9 の平編地の糸（糸種 A）の，システムでの測定結果出力を，Fig. 3.48 から Fig. 3.52 に，1 次側の張力の FFT 結果を除いて上記の項目順に示す．なお，Fig. 3.48 のブリーフレポートの地色が水色で表示されている箇所は，システムの解析結果の項目である．また，Fig. 3.49 以降では，緑色は糸幅を，赤色は糸の上撚りを，紺色は 2 次側張力に関するデータを示している．

このような一回の計測・解析にかかる時間に関しては，100m 長の糸の場合計測時間が約 4 分 30 秒，その後の解析結果出力までの時間が約 3 分と，7 分 30 秒程度の時間で処理が行える．



Fig. 2.9 Knitted fabric of the yarn for system measuring test. <re-mentioned>

A_M04_オレンジ_2/48				梳毛	
条件	測定者	氏名	koganeya		
	日時	年/月/日 時間	2010/01/13 11:00		
	温度	℃	23.8		
	湿度	%	33		
	測定長	m	100		
	送り速度	m/min	23		
	T1設定値	gf	5.0		
	摩擦		-----		
品種	糸名	A			
	糸色	オレンジ	染色	-----	
	ロットNo.	M04			
	番手	2/48	総合番手 1g/m	1/23.74	4.360[g] 103.52[m]
	組成	W0100%			
	撚糸	双糸	コーン	3° 30'	
	ロウビキ	無し			
	コメント				
結果	糸幅 平均	mm	0.358		
	糸幅 ムラ	CV% <10cm>	7.6		
	糸撚り 平均	回/10cm	25.6		
	糸撚り ムラ	CV% <10cm>	10.3		
	T1 平均	gf	5.00		
	T2 平均	gf	28.33		
	摩擦係数	μ	0.224		
	T2 ムラ	CV%	2.4 (T1 ムラ CV% : 0.7)		
備考					

Fig. 3.48 Output form of measuring condition and brief of results.

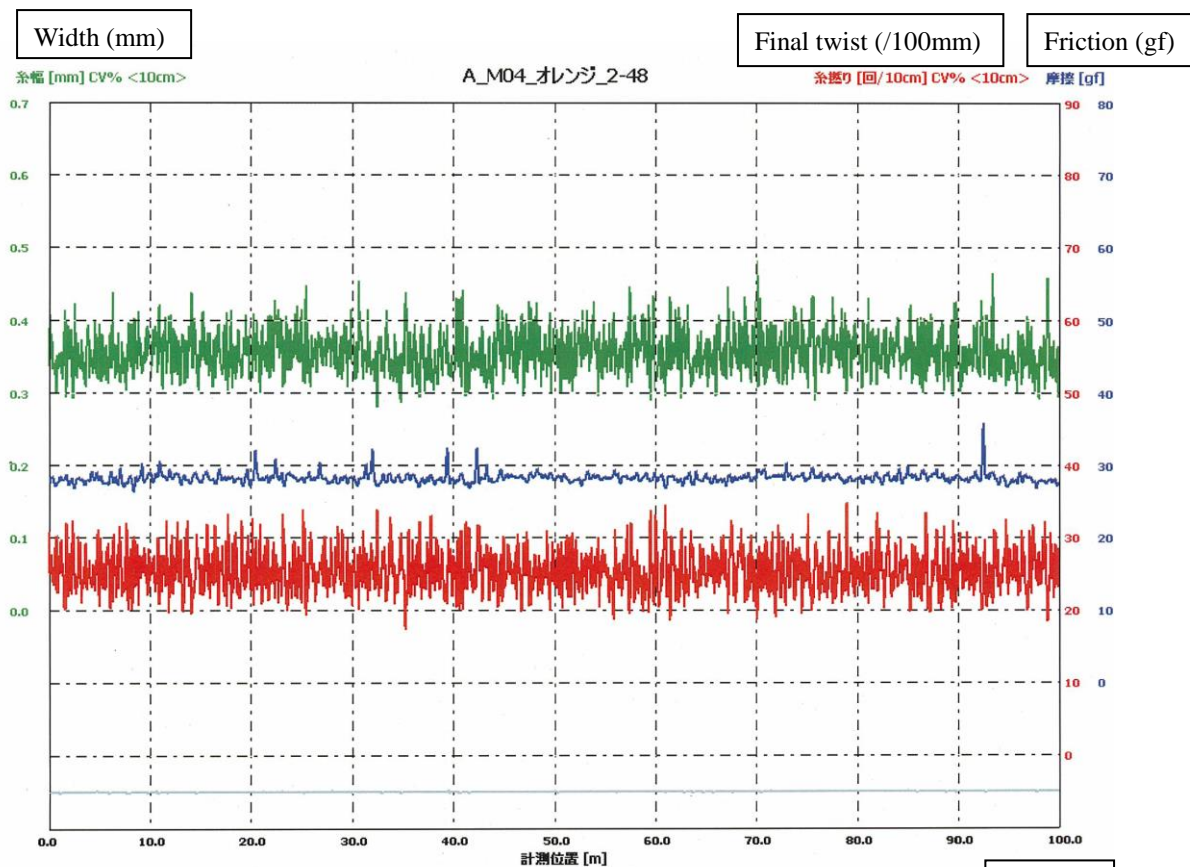


Fig. 3.49 Output form of time history (primary and secondary tension, width, and twist).

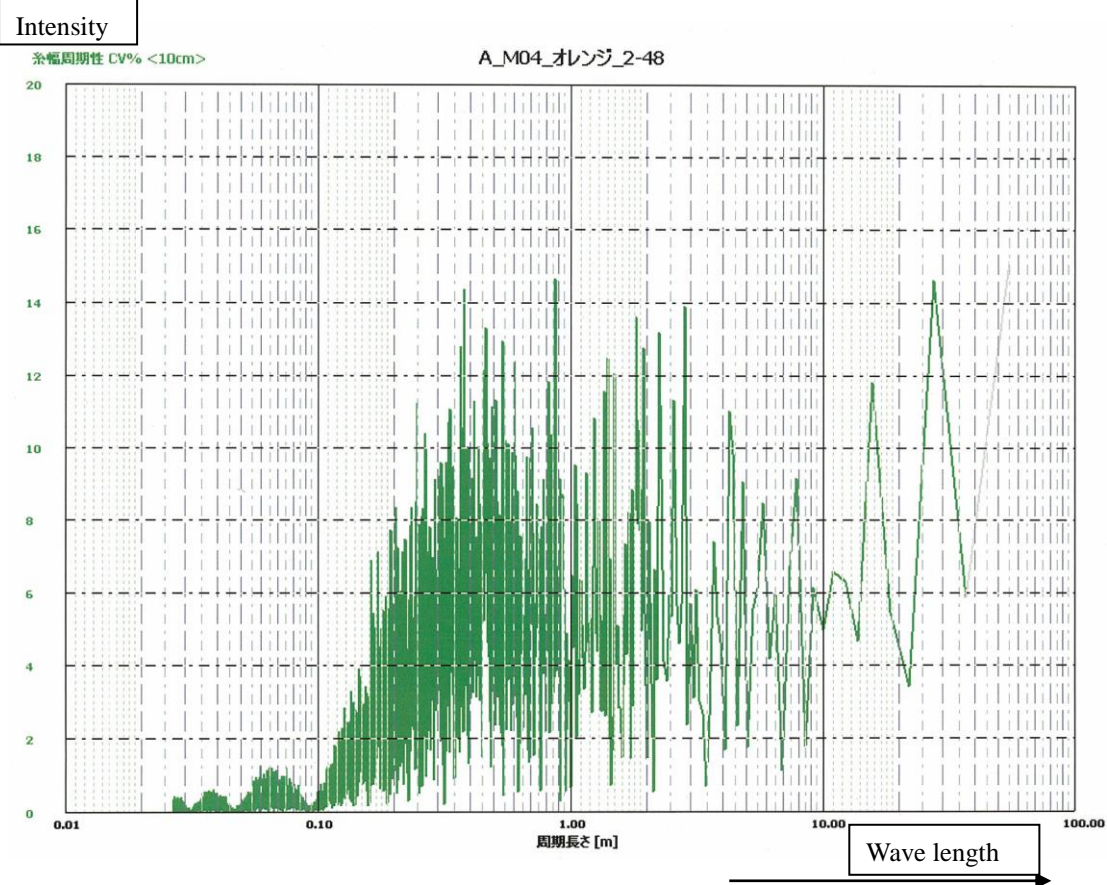


Fig. 3.50 Fourier spectrum of yarn width.

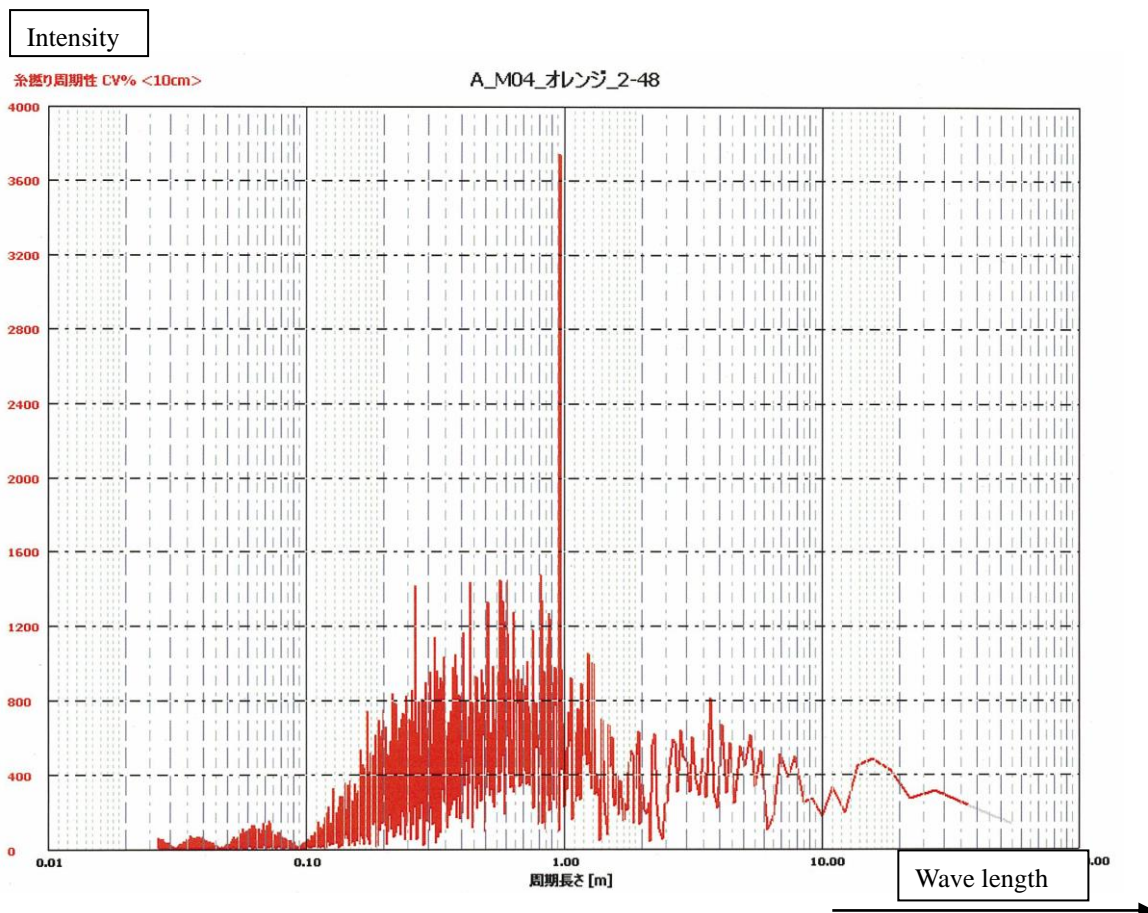


Fig. 3.51 Fourier spectrum of final twist.

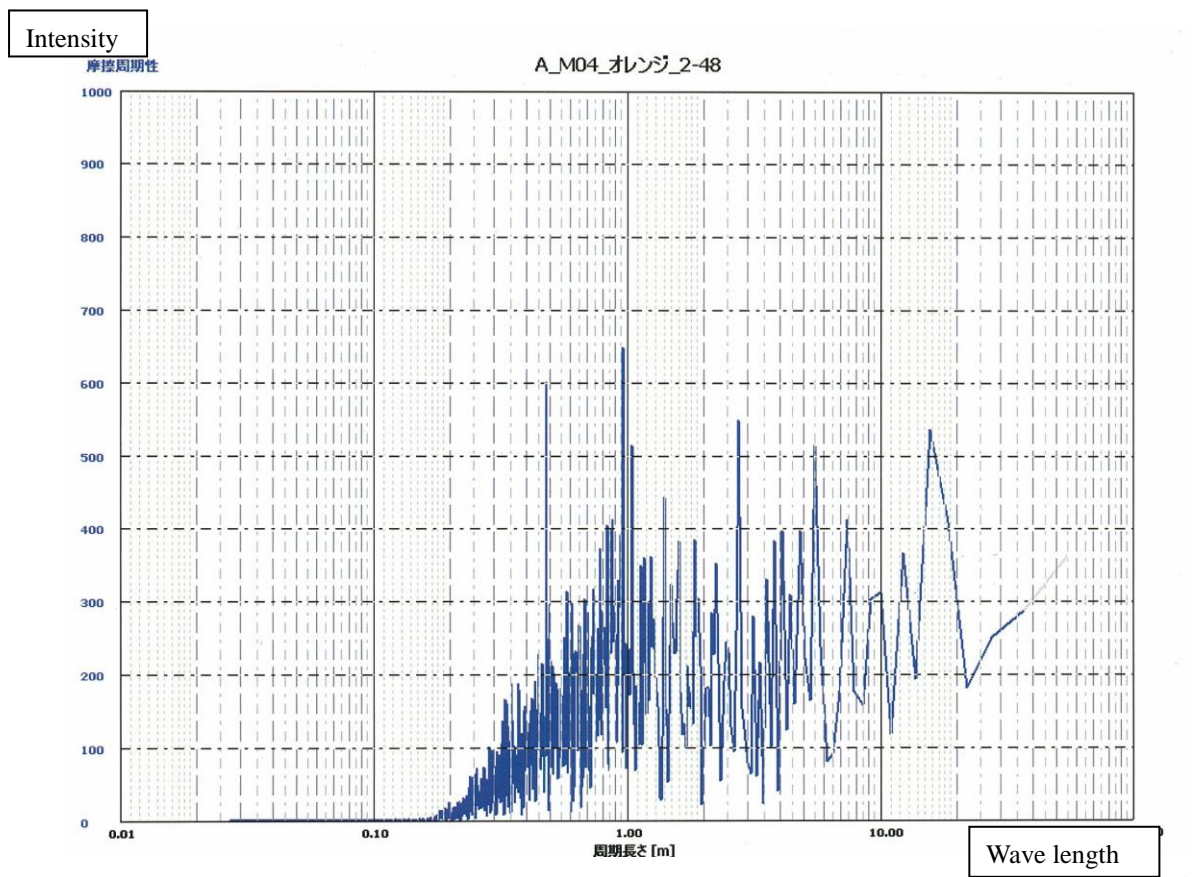


Fig. 3.52 Fourier spectrum of secondary yarn tension.

この糸（糸種 A）の測定結果からは、糸の撚りの FFT 解析結果において、Fig. 3.53 に示す、撚りに糸の解除周期と思われる約 1m の波長の成分が強く現れているのが見られる。それ以外は特に問題とされるような特徴は見当たらないと言える。

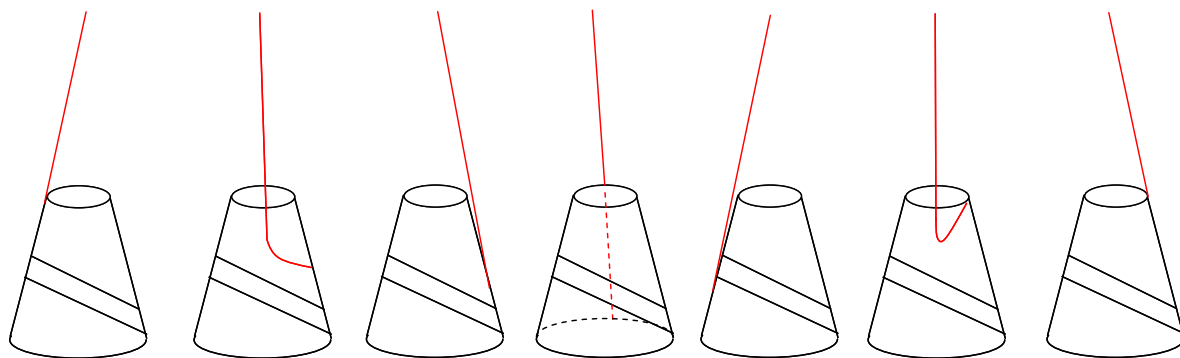


Fig. 3.53 Periodic change of yarn tension at unwinding.

3.6 測定事例

3.6.1 一般試験糸

獣毛（カシミア）100%の同銘柄の双糸の番手違い，色違いの130種の糸に対して測定を行った．本システムでの測定条件は，速度23m/min，1次側張力(T_1)の設定荷重49mN(5gf)，測定長100mとしたものである．測定された平均糸幅，平均撚り回数，摩擦係数の結果について，番手毎にそれぞれの分布範囲を，Fig. 3.35, Fig. 3.39（再掲）および Fig. 3.54に示す．これらの数値ではその分布範囲として＜平均値 $\pm 3 \times$ 標準偏差＞の範囲を示している．

Fig. 3.54では，糸が細くなると摩擦係数が下がる傾向を示している．これは，糸が細くなると，糸が曲げられたとき，糸を構成する繊維の曲げのほうが，繊維間の摩擦よりも影響が強くなることから，弾性体としての挙動が支配的になり，見かけ上，摩擦係数が減少するというV. Svetnickienėらの説明[29]と一致している．

このような多くのデータが揃っていれば，今後，同銘柄（同種）の糸に対しては，通常この分布範囲内で収まることと，もしこの範囲から逸脱する場合には何らかの問題がある可能性がある，という使い方が考えられる．

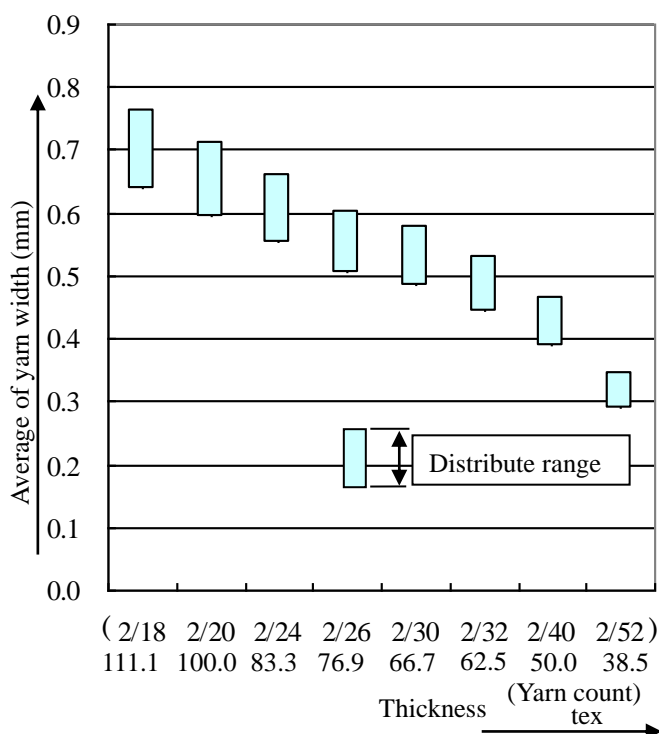


Fig. 3.35 Distribution of yarn width range based on yarn count <re-mentioned>.

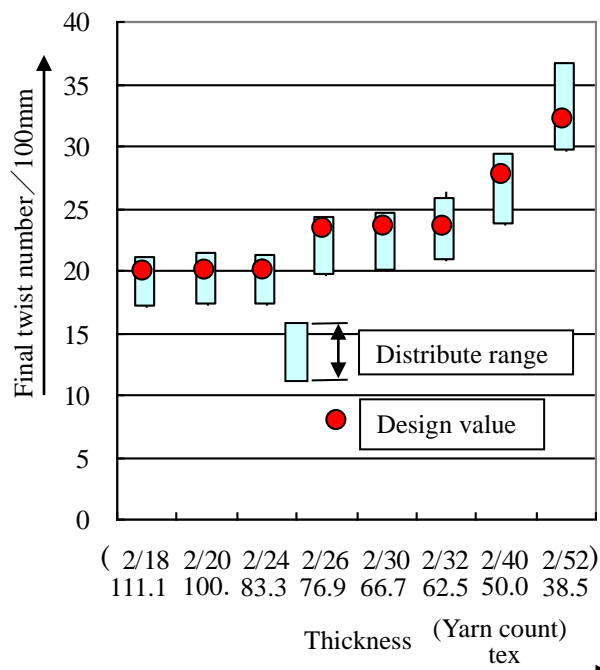


Fig. 3.39 Distribution of yarn final twist number based on yarn count <re-mentioned>.

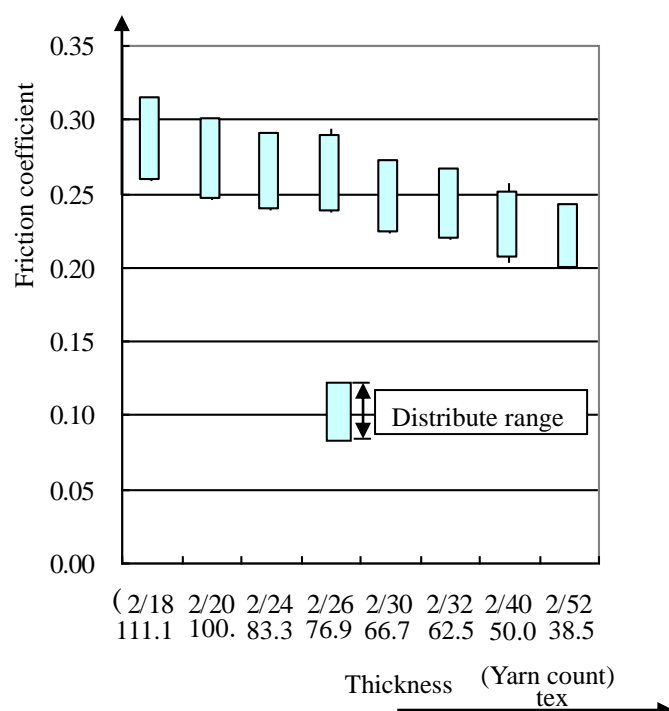


Fig. 3.54 Distribution of yarn friction coefficient based on yarn count.

3.6.2 摩擦係数の比較

摩擦係数については、2章のエイコー測器株式会社製糸物性測定装置（FPA/M）での測定結果と比較して Table 3.23 に示す。若干数値の違いはあるが、その係数の大きさについて、糸での並びがほぼ同じことが確認された。なお、算出された平均摩擦係数が若干異なるが、初期張力を含めた測定条件などの影響が考えられる。

Fig. 2.9 に示した編地の糸摩擦 CV%は、Fig. 3.48 にその結果が 2.4%と求められている。2章に示した FPA/M での測定では、その値は、1.4%であった。この差については、測定時期、測定における張力制御、制御系も含めてのデータのフィルタリング、計算処理方法など、諸条件が異なっているためと考えられる。

Table 3.23 Comparison of friction coefficient with FPA/M.

Yarn	Thickness tex (Count)	Color	Comp	Fiction coefficient	
				FPA/M	System ¹⁾
A	41.7 (2/48)	Orange	Wool 100%	0.218	0.222
B	50.0 (2/40)	Yellow	Silk 35%, cashmere 35%, wool 30%	0.263	0.280
C	59.1 (20/2)	White	Linen 100%	0.316	0.344
D1	59.1 (20/2)	Red	Cotton 100%	0.221	0.212
D2	59.1 (20/2)	White	Cotton 100%	0.214	0.236
E1	100.0 (2/20)	Blue	Wool 100%	0.266	0.270
E2	100.0 (2/20)	Orange	Wool 100%	0.259	0.267
F1	66.7 (2/30)	Red	Wool 100%	0.173	0.186
G1	76.9 (2/26)	Red	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	0.275	0.283
G2	76.9 (2/26)	White	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	0.263	0.261

1) Measuring conditions are as follows. Speed: 30m/min, Length: 25m, Initial tension 49mN (5gf).

3.6.3 糸の質量むらと糸幅むら

糸幅の変動の CV%が求まっているので、糸むら試験機 zellwege uster 製 UT-3 での計測結果から、糸長 100mm での平均値を離散値とした糸の質量むらの数値と、本システムでの糸幅のむらの数値と比較したものを Table 3.24, Fig. 3.55 に示す。これらから、直感的に考えられる、糸幅の変動のレベルと質量むらの変動のレベルとに比較的強い相関があることが確かめられた。

Table 3.24 Comparison of CV% of yarn width and CV% of mass at 100mm.

Yarn	Thickness tex (Count)	Color	Component	UT-3	System
				Evenness tester CV% of mass (100mm)	CV% of width (100mm)
A	41.7 (2/48)	Orange	Wool 100%	9.0	7.6
B	50.0 (2/40)	Yellow	Silk 35%, cashmere 35%, wool 30%	11.0	8.7
C	59.1 (20/2)	White	Linen 100%	10.5	7.9
D1	59.1 (20/2)	Red	Cotton 100%	5.5	5.4
D2	59.1 (20/2)	White	Cotton 100%	6.0	4.3
E1	100.0 (2/20)	Blue	Wool 100%	5.2	5.2
E2	100.0 (2/20)	Orange	Wool 100%	4.5	4.9
F1	66.7 (2/30)	Red	Wool 100%	7.0	6.3
G1	76.9 (2/26)	Red	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	13.0	8.3
G2	76.9 (2/26)	White	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	13.0	8.5

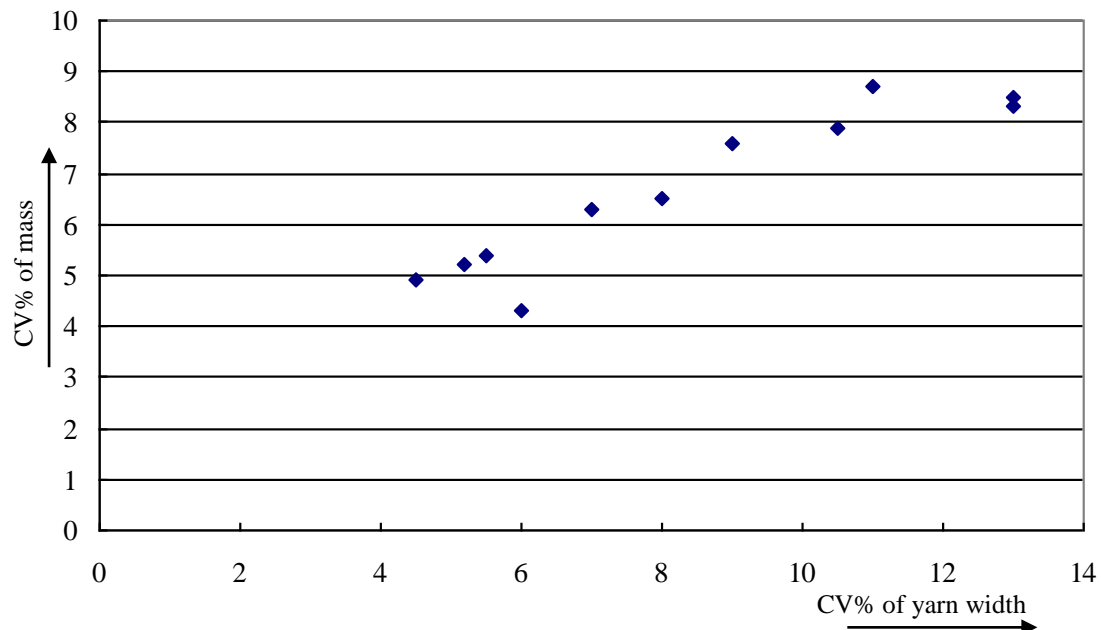


Fig. 3.55 Relationship between CV% of yarn width and CV% of mass at 100mm.

3.7 本章のまとめ

従来、糸の摩擦測定では糸を走行させて、その物性を測定していた。しかしながら、見かけの糸幅、上撚り回数については、走行する糸からこれらの物性を測定する手法は示されていなかった。また、糸の摩擦特性については、平均摩擦係数を捉えることは行われているが、その周期性を捉えることはほとんど見かけられなかった。

ここで製作したシステムでは、従来にはなかった。見かけの糸幅、上撚り回数、摩擦（張力）物性を、走行する糸に対して同時に取得することを可能にしている。以下にその特徴を示す。

- 1) 測定対象範囲とした、125tex (2/16) から 16.7tex (2/120) の範囲の双糸を、糸の見かけの糸幅、上撚り、摩擦物性が同時に、そして精度良く測定できている。例えば、糸幅については最も精度が出ていれば±2%程度の誤差範囲と見なすことができる。上撚りについては、梳毛糸、綿糸であればおおむね5%以内、紡毛糸で10%以内の誤差内で求まれていると考えられる。
- 2) 本システムの取り扱いは比較的簡単で、レーザー光を扱うような、特別な注意やメンテナンスが不要である。また、当初の目的であった、糸の見かけ幅、上撚りなどが7.5分程度の短時間で計測・解析ができている。
- 3) 糸の幅、上撚り、張力（摩擦）変動などの周期性を確認できる性能を有している。またこれらの出力結果から、各測定項目の物性間の相互関係を確認することが出来る。
- 4) このシステムで採用した手法、糸の幅、撚りのデータは、画像から直接解析を行っている。そのため、ノイズに対する影響を受けにくい利点がある。

第4章 新システムによる双糸評価

4.1 はじめに

第2章で、横編機に使用される糸の中で、編針を通過する際に、その糸張力に比較的大きな変動、もしくはその変動に強い周期性が見られる場合には、その糸の平編地の目面むらが発生する傾向が強いこと示した。

この比較的大きな張力変動、周期性のある張力変動については、糸幅と上撚りの物性との関連が考えられたことと、これらを短時間で同時に測定できるシステムの必要性があると考えたことから、これら見かけの糸幅、上撚り、摩擦の物性を同時に測定するシステムについて、計測方法・精度を含めて、第3章に示した。

そこで、2章で検討した糸と編地の組み合わせに対して、3章で示したシステムを使って測定した糸の摩擦特性、見かけの糸幅および上撚りの物性と編地の目面の関係を再度概観する。さらに、これらの関係について統計的処理を加える。この統計処理から導かれた評価式とこのシステムの測定結果とから、編地の目面の推定についてその方法を含めた提案を行う。この評価式とシステムの測定結果とによる目面の評価結果および、実際の編地の目面の官能評価結果を対比してその妥当性を検証する。

4.2 実験

4.2.1 測定装置と条件

測定に使用したシステムの設置状況は、Fig. 4.1 に示すとおりである。

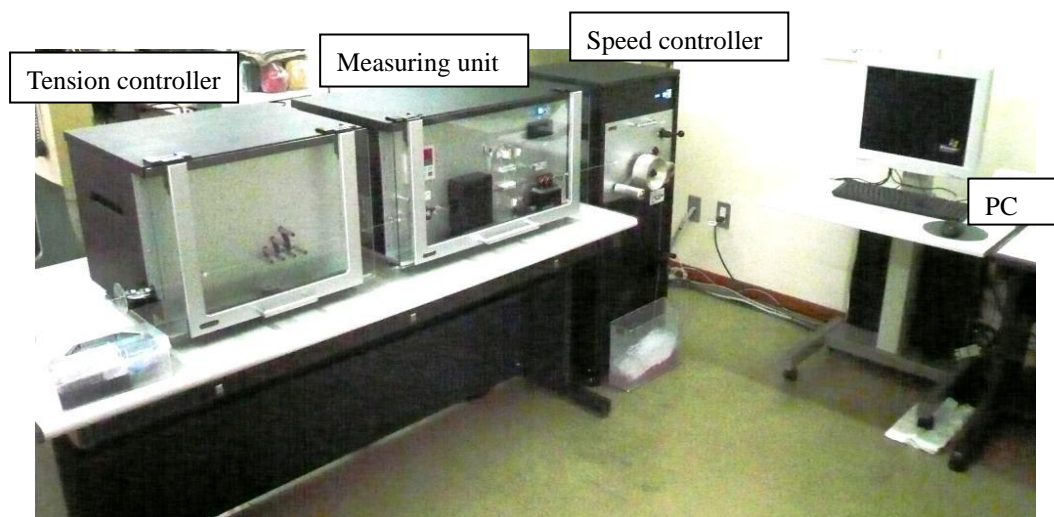


Fig. 4.1 Overview of measuring system setup.

以下の条件で測定を行った。

- 1) 初期張力 49mN (5gf)

2) 測定長 100m

3) 測定速度 23m/min

また、測定環境については、室温 23 度から 27 度、湿度は 30%から 40%である。

4.2.2 試料糸

2 章で試用した摩擦測定装置 (FPA/M) と 3 章で製作したシステムとは、計測時の張力制御、取得データのフィルタリングなどの処理が同一ではないので、これらの相違による平均値への影響は少ないが、変動に関する数値については影響が大きいと考えられた。つまり、摩擦 CV%の数値が大きく異なる可能性が予測された。

そこで、今回のシステムでも、摩擦 CV% (2 次側張力: T_2 の標準偏差と平均値との比) と、生地目の目の良否とに相関が示せるかどうかを確認するため、2 章に掲示したのと同じ糸を測定して、これらの測定結果について目面の官能試験結果を含めて比較した。

Table 4.1 に測定した糸を再掲する。ところで、糸種 F2, H については既に消費されていたため、この測定ではこの 2 種類の糸を除いている。なお、H と同銘柄で、色違いの糸を H' として、試料に加えた。

Table 4.1 Yarns for examination.

Yarn	Thickness tex (Count)	Color	Comp.
A	41.7 (2/48)	Orange	Wool 100%
B	50.0 (2/40)	Yellow	Silk 35%, cashmere 35%, wool 30%
C	59.1 (20/2) ¹⁾	White	Linen 100%
D1	59.1 (20/2) ¹⁾	Red	Cotton 100%
D2	59.1 (20/2) ¹⁾	White	Cotton 100%
E1	100.0 (2/20)	Blue	Wool 100%
E2	100.0 (2/20)	Orange	Wool 100%
F1	66.7 (2/30)	Red	Wool 100%
G1	76.9 (2/26)	Red	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%
G2	76.9 (2/26)	White	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%
H' ²⁾	41.7 (2/48)	Purple	Wool 100%
RW 2/56	35.7 (2/56)	White	Wool 100%
RW 2/40	50.0 (2/40)	White	Wool 100%
RW 2/48	41.7 (2/48) ³⁾	White	Wool 100%
YD 2/56	35.7 (2/56)	Purple	Wool 100%
YD 2/40	50.0 (2/40)	Purple	Wool 100%
YD 2/48	41.7 (2/48) ³⁾	Purple	Wool 100%

1) English count. (Other: metric count.)

2) Substituted for yarn H.

3) Nearly equivalent because of twisting 1/56 and 1/40.

糸種 H' の平編地を Fig. 4.2 に示す．糸種 H の編地画像と同様に，コース方向に長さ数 cm の筋状のむらがあることが確認できる．図中に示した矢印位置に示している．カバーファクターが大きいので，その部分が濃く見えることが確認される．

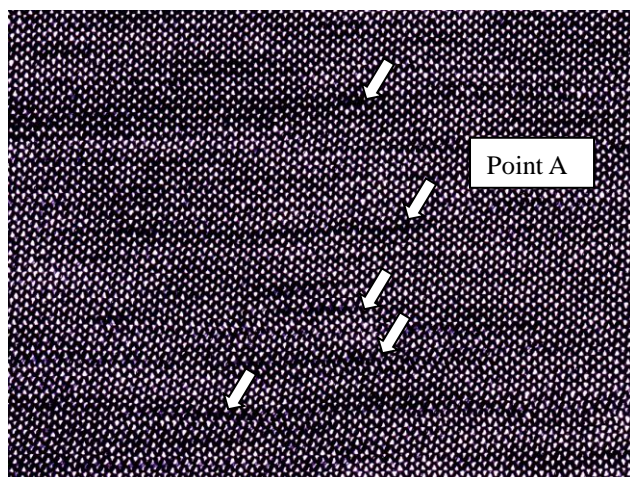


Fig. 4.2 Knitted fabric for yarn “H”. (Arrows show the faults)

4.3 実験結果

実験で測定された各項目の結果を Table 4.2 に示す．今回の新しい測定装置で測定された糸幅，上撚りの平均値とこれらの標準偏差と平均値との比で表わされる CV%，および摩擦係数と摩擦 CV%を示している．これらの項目以外に，2 章で示されている従来の糸むら試験機で測定された質量むら CV%と IPI 値（単位長さ：1km あたりの，Thin, Thick, ネップの個数），従前の摩擦試験機（FPA/M）で測定された摩擦 CV%および編地むらの目視評価結果とともに示す．

前述したように，糸種 F2 と 糸種 H は，消費していたのでこのシステムでの測定値はなく，糸種 H についてはその代替分として，糸種 H' で測定を行った．ただし，糸種 H' については，糸量が少なく従来の摩擦試験機（FPA/M）での測定は実施できなかった．

Table 4.2 の摩擦 CV%について，新たに製作したシステムと従来の FPA/M の装置での解析結果の値，特に絶対値は異なっている．これは，前述のとおり， T_l の張力制御を行う制御系の時定数，取得する値へのフィルターなどが異なることがその主原因と考えられる．また，測定の時期が数ヶ月以上離れていることなども多少は影響していると考えられる．ただし，両者の解析結果では，その値の大小を比較した場合，糸による大小の値の傾向は一致していることがわかる．

新たに開発したシステムで測定した摩擦 CV%と目面の官能評価の関係を，第 2 章の評価手法と同様に Fig. 4.3 に示す．同様に糸幅 CV%，上撚り CV%についても目面との関係を示したものをそれぞれ Fig. 4.4, Fig 4.5 に示す．ただし，糸種 YD2/40, YD2/48 については，摩擦 CV%値が安定しなかったためこれらを含めていない．

Table 4.2 Measuring results (Comparison among new system, evenness tester, and FPA/M)

Yarn	Thickness tex (Count)	Color	Component	Result of evenness tester				App. of fabric ¹⁾	FPA/M		Results of the new system				
				CV% of mass CV%	Thin (-50%)	Thick (+50%)	Neps (200%)		CV% of friction	CV% of friction	Average of width (mm)	CV% of width	Average of final twist (turns /100mm)	CV% of final twist	Friction co- efficient
A	41.7 (2/48)	Orange	Wool 100%	12.16	2	3	5	G	1.40	2.4	0.358	7.6	27.2	8.2	0.224
B	50.0 (2/40)	Yellow	Silk 35%, cashmere 35%, wool 30%	21.38	358	1090	1292	B	4.08	7.2	0.356	8.7	28.8	6.8	0.289
C	59.1 (20/2)	White	Linen 100%	19.20	98	643	515	B	5.20	6.6	0.479	7.9	22.3	6.3	0.340
D1	59.1 (20/2)	Red	Cotton 100%	9.70	0	0	2	G	2.87	3.1	0.473	5.4	39.3	8.3	0.213
D2	59.1 (20/2)	White	Cotton 100%	9.83	0	2	0	G	2.11	3.4	0.442	4.3	37.3	9.0	0.219
E1	100 (2/20)	Yellow	Wool 100%	9.64	0	1	1	F	2.75	4.0	0.644	5.2	18.2	6.9	0.278
E2	100 (2/20)	Orange	Wool 100%	8.94	0	6	7	F	2.52	3.7	0.655	4.9	16.9	6.7	0.267
F1	66.7 (2/30)	Red	Wool 100%	10.24	1	2	1	G	1.54	2.0	0.531	6.3	20.6	6.8	0.185
F2	66.7 (2/30)	White	Wool 100%	9.30	0	0	0	G	2.58						
G1	76.9 (2/26)	Red	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	19.37	10	519	383	B	3.75	9.5	0.460	8.3	31.2	9.3	0.282
G2	76.9 (2/26)	White	Acrylic 40%, linen 30%, cotton 30%	19.52	5	579	368	B	3.20	7.4	0.445	8.5	31.9	9.4	0.268
H	41.7 (2/48)	Brown	Wool 100%	11.47	0	0	4	B	2.83						
H'	41.7 (2/48)	Purple	Wool 100%	13.10	0	0	0	B		2.5	0.387	6.5	24.8	8.8	0.177
RW 2/56 ³⁾	35.7 (2/56)	White	Wool 100%	11.61	0	0	7	G	1.65	2.2	0.336	6.3	27.9	6.9	0.256
RW 2/40 ³⁾	50.0 (2/40)	White	Wool 100%	11.79	0	0	5	G	1.78	2.3	0.386	6.3	26.3	8.0	0.250
RW 2/48 ³⁾	41.7 (2/48)	White	Wool 100%	12.08	0	0	17	G	1.76	2.1	0.368	6.0	27.0	7.8	0.253
YD 2/56 ⁴⁾	35.7 (2/56)	Purple	Wool 100%	9.88	0	0	5	G	2.13	2.8	0.337	6.9	27.6	6.6	0.249
YD 2/40 ⁴⁾	50.0 (2/40)	Purple	Wool 100%	11.10	0	0	7	F	3.05	2.2~3.4 ²⁾	0.383	6.7	26.3	8.0	0.254
YD 2/48 ⁴⁾	41.7 (2/48)	Purple	Wool 100%	12.04	0	0	10	F	2.70	2.2~6.1 ²⁾	0.370	7.1	26.5	8.3	0.253

1) Characters show as follows G:good, F:fair, and B:bad.

2) Average of friction changes in a certain range of dozens of meters at random.

3) Raw white, dying after knitting.

4) Dying for yarn "RW".

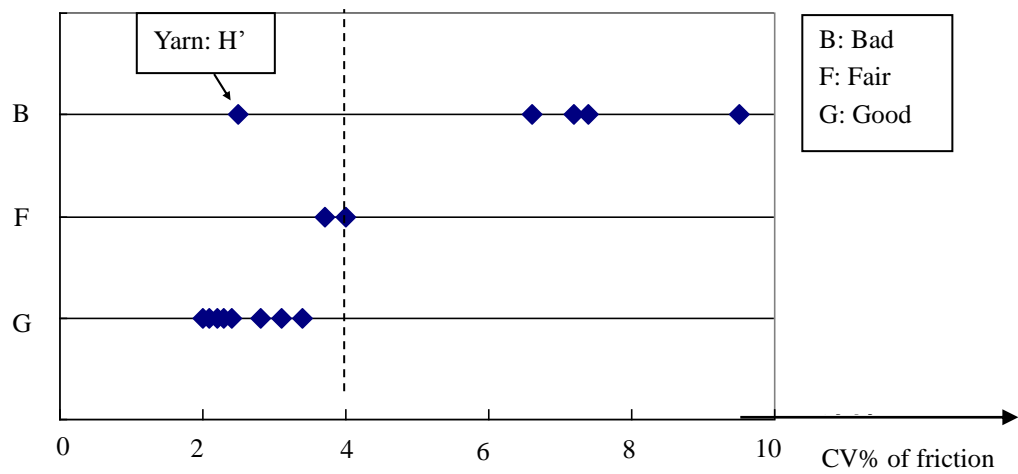


Fig. 4.3 Relation between the appearance qualities of knitted fabric and CV% of friction.

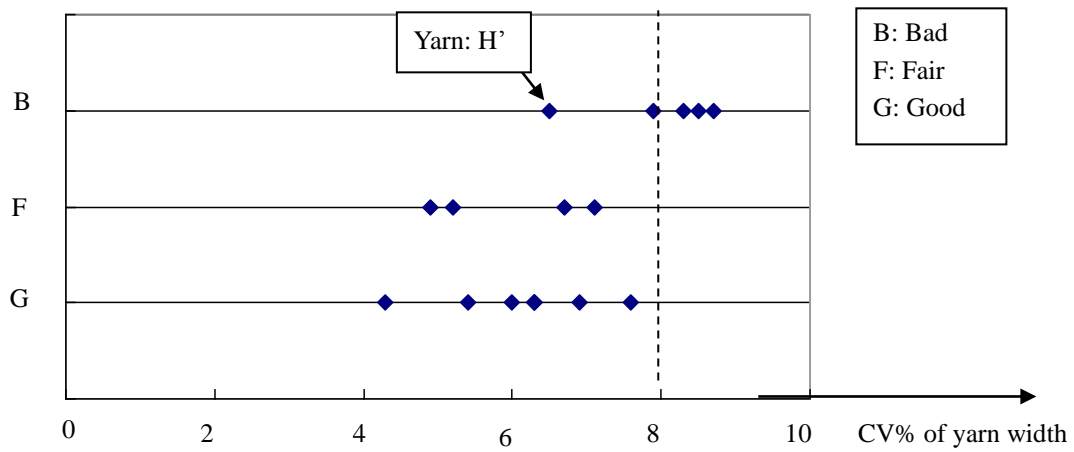


Fig. 4.4 Relation between the appearance qualities of knitted fabric and CV% of yarn width.

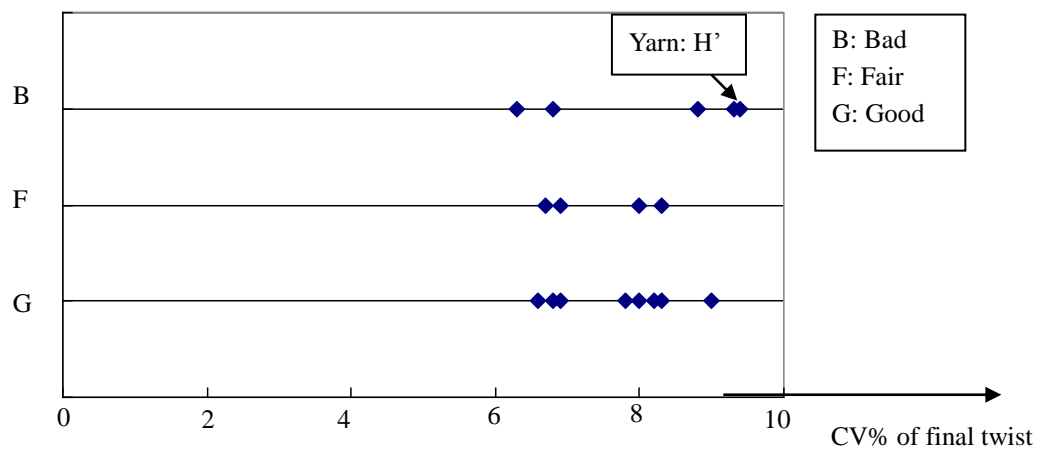


Fig. 4.5 Relation between the appearance qualities of knitted fabric and CV% of final twist.

Fig. 4.3 から、図中に示す糸種 H' と数値が安定しない糸種 YD2/40, YD2/48 を除けば、このシステムでは摩擦 CV% が 4% 付近を越える範囲から、目面の均一性が少なくなる傾向が見える（2 章の FPA/M の測定結果からでは、2.5~3%）。この傾向は、2 章の Fig. 2.44 で示されたのと同じ傾向である。この糸種 H' と糸種 YD2/40, YD2/48 については、その物性の特徴を 4.4.1 節に後述する。

編地の目面の評価結果に対して、摩擦 CV% とはやや強い相関が見られ、続いて糸幅 CV%、上撚り CV% の順に相関が弱くなる傾向が見える。なお、糸むら試験機による糸の質量むら CV% と官能評価結果との関係は 2 章の Fig. 2.43 に示されている。相関は比較的強いが、評価 “F” と評価 “G” の区別が困難と考えられている。

4.4 重回帰分析

このシステムのこれらの測定結果から、測定された糸を編成した平編地の、目面の評価式の導入を行う。そのため、編地の官能評価の “G”, “F”, “B” にそれぞれ 1, 2, 3 の数値を割り当てる。目的変数として平編地の目面の官能評価に対するこの数値を、説明変数として糸幅 CV%, 上撚り CV%, 摩擦 CV% を用いる。

4.4.1 解析対照の条件付け

4.4.1.1 糸種 H'

Fig. 4.2 に示す糸種 H' の編地のコース方向に生じている長さ数 cm の筋状の欠点は、Fig. 2.26 に示した評価 “B” と判定された一般の編地には見られない。

さらに、糸種 H' の今回の測定装置での時間経過での測定結果を Fig. 4.6 に示す。2 次側の張力 (T_2)、見かけの糸幅、上撚り、1 次側の張力 (T_1) の FFT 分析結果を、それぞれ Fig. 4.7 から Fig. 4.10 に示す。

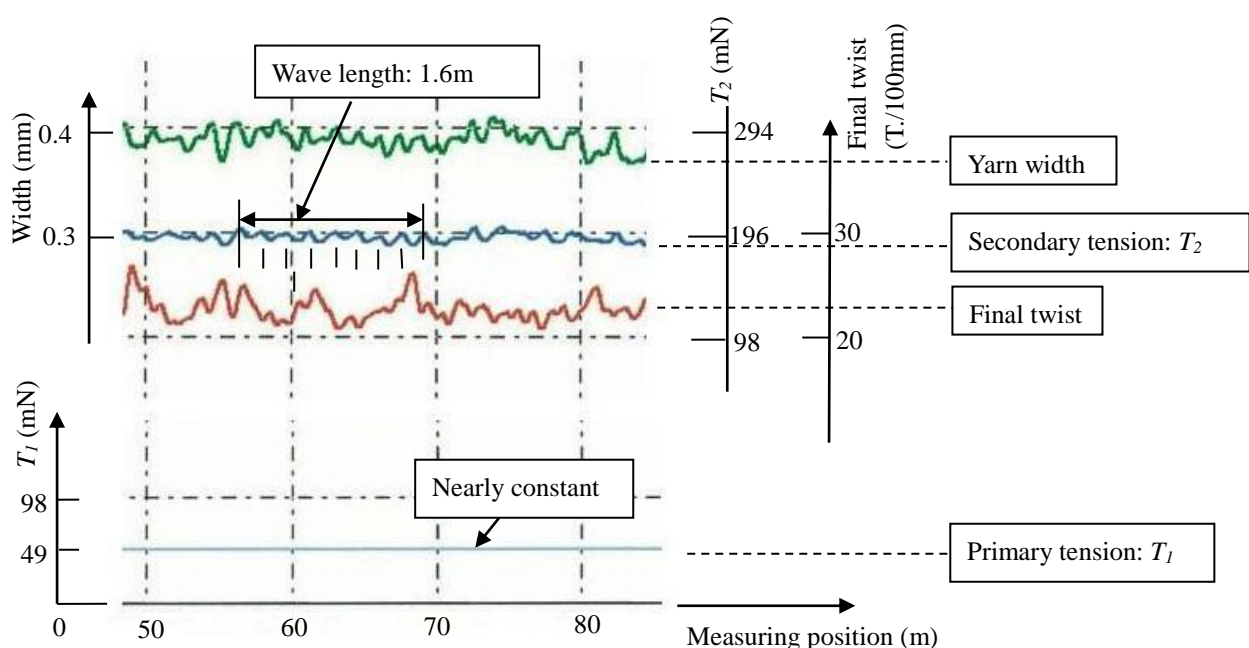


Fig. 4.6 Time history of width, final twist, and tensions with low-pass filter for yarn “H”.

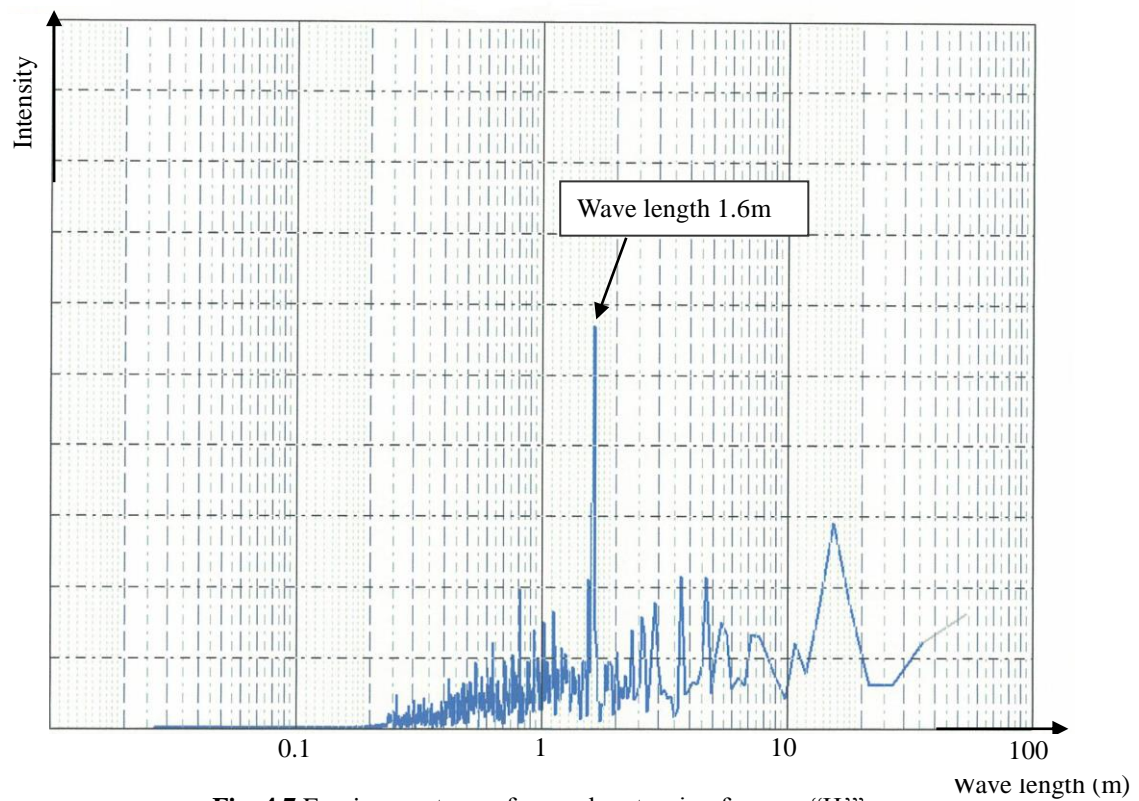


Fig. 4.7 Fourier spectrum of secondary tension for yarn “H”.

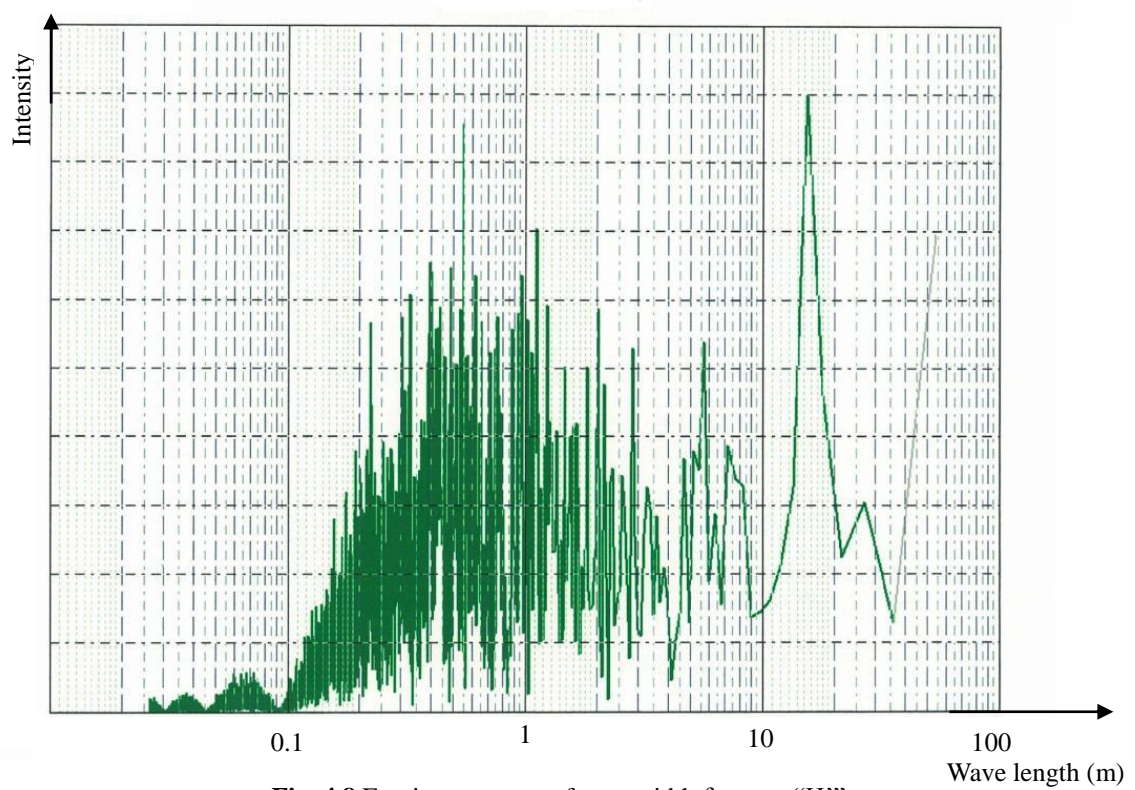


Fig. 4.8 Fourier spectrum of yarn width for yarn “H”.

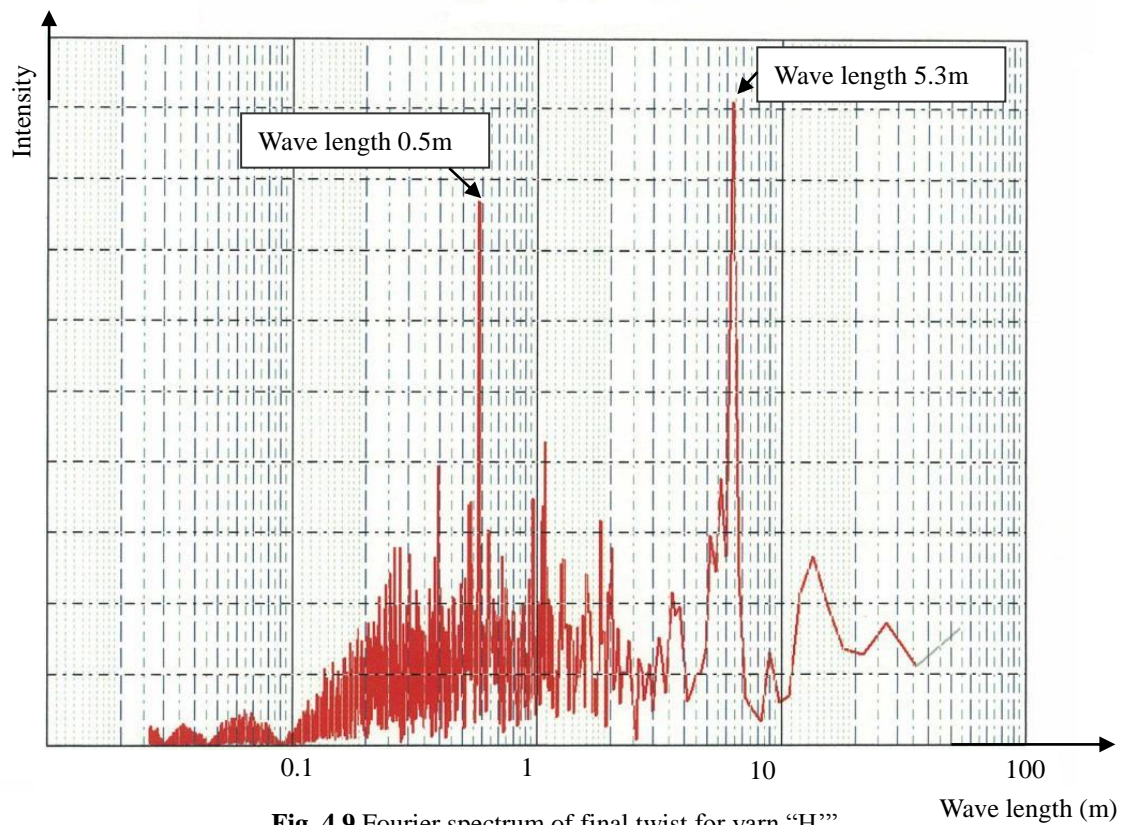


Fig. 4.9 Fourier spectrum of final twist for yarn "H".

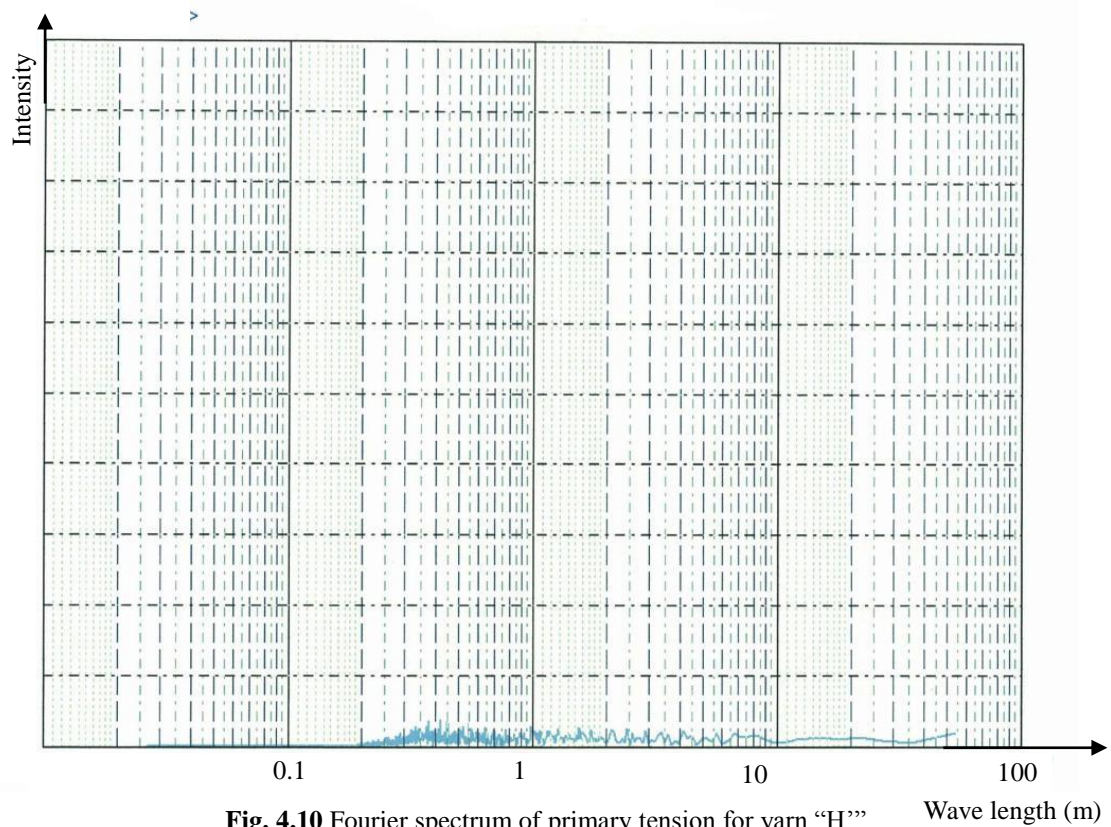


Fig. 4.10 Fourier spectrum of primary tension for yarn "H".

1 次側 (T_1) の張力がほぼ一定であるのに、針を通過した後の 2 次側の張力 (T_2) には、1.6m 波長の周期性が見られる。この糸の各物性の特徴として、以下のことが指摘できる。

- 1) 2 次側張力の周期性 (摩擦) は、糸幅、糸の上撚りの周期とは、一致しない。
- 2) 糸幅と上撚りについても、周期性の対比を含めて、糸撚りが多いところで糸幅は狭いという反比例の関係がそれほど明確にはみられない。

この 2 項目について、一般的な糸では通常見られない特徴である。例えば糸種 G1 の糸幅、上撚り、2 次側張力の時間経過の測定結果を示した Fig. 4.11 を見ると、3.1 節で述べたようにこれらには相関があり、図中の矢印位置で見られるように、糸幅と撚りは負の、糸幅と 2 次側張力 (摩擦) は正の相関が認められる。

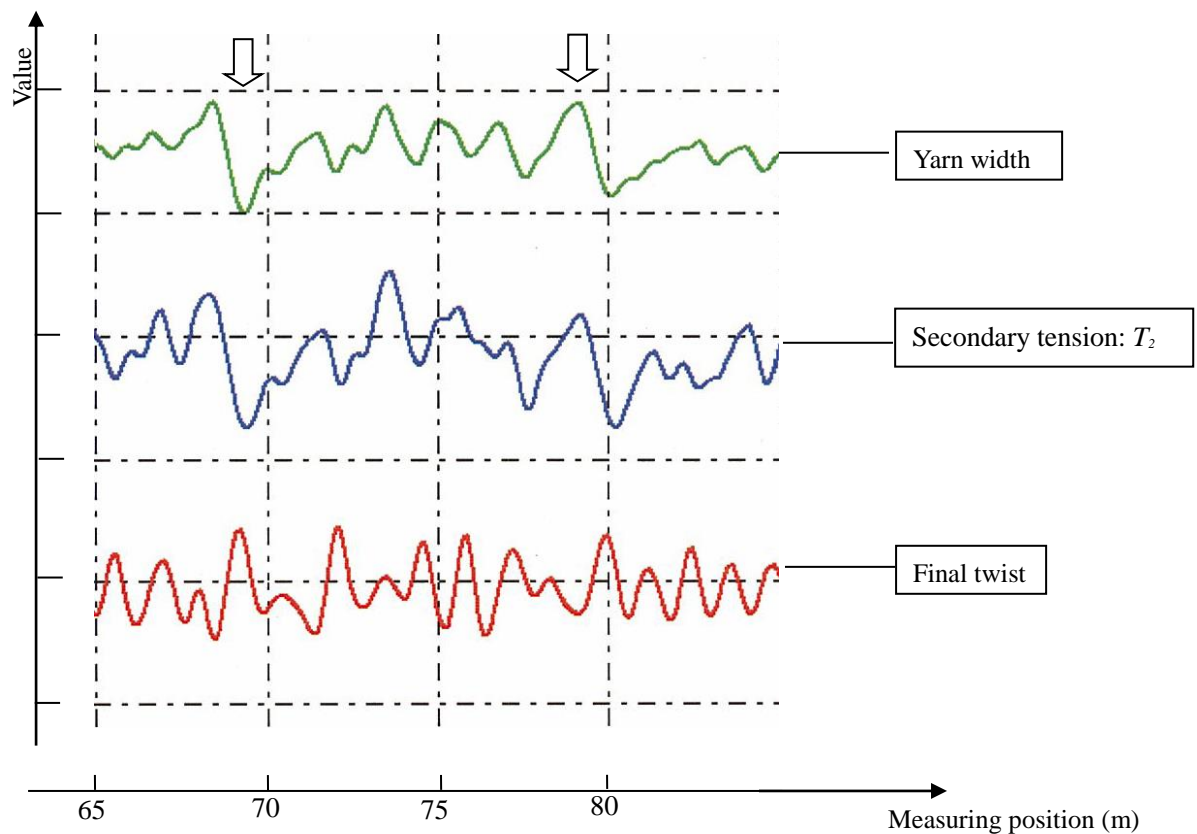


Fig. 4.11 Relation among width, final twist and tension at time history for yarn “G1” (with low-pass filter).

これらのことから、糸種 “H” の測定結果を、解析対象から除外する。

4.4.1.2 糸種 YD 2/40, YD 2/48

2 章で平編地に凹凸が散見された編地を右図に再掲する。この糸種の目面について、粗さを指摘された箇所を示している。頻度は糸種 H ‘(H) よりもかなり少ない。

これらの糸に関しては、Table 4.2 に示すように、測定毎に摩擦 CV%の数値に大きな隔たりがあった。その理由は、100m での測長範囲で、Fig. 4.12 のように摩擦変動が一定の平均値の周りで変化する場合と、Fig. 4.13 のように平均値自体が、長期変動する場合が混在したからである。

YD2/48 と YD2/40 の糸だけが、Fig. 4.13 のような変動が観測された。他の糸にはこのような変動が見られなかったことから、この長期の平均摩擦の変化が影響しているのではないかと考えられた。

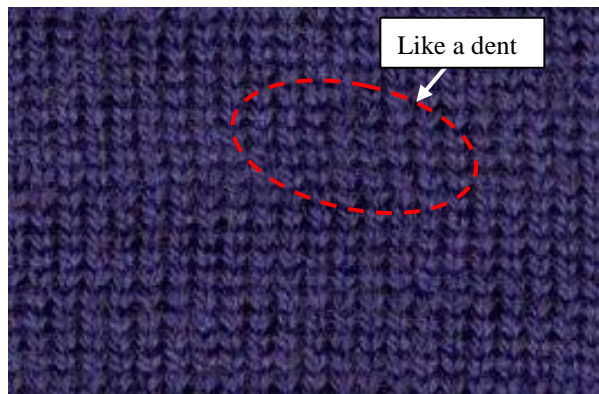


Fig. 2.38(b) Visual quality of the fabric from yarn “YD 2/48” <re-mesioned>.

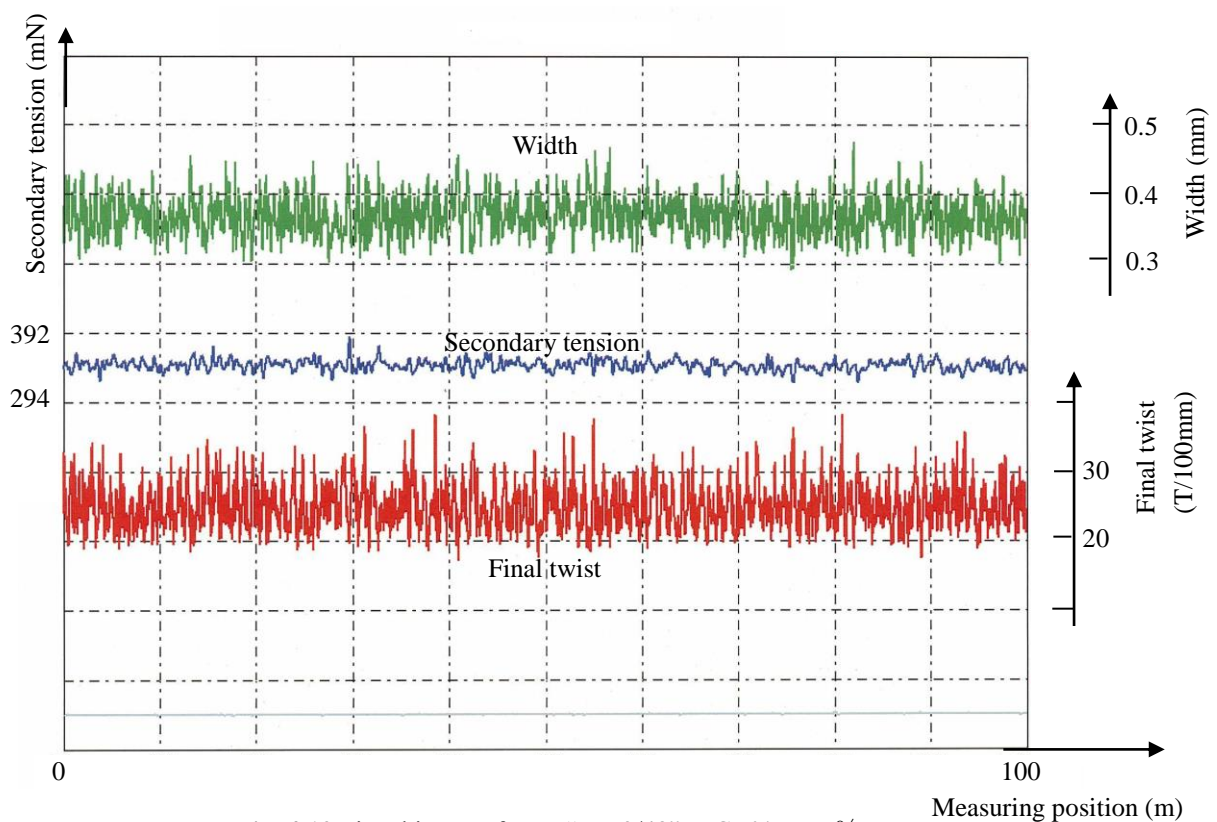


Fig. 4.12 Time history of yarn “YD 2/48” at CV%=2.2%.

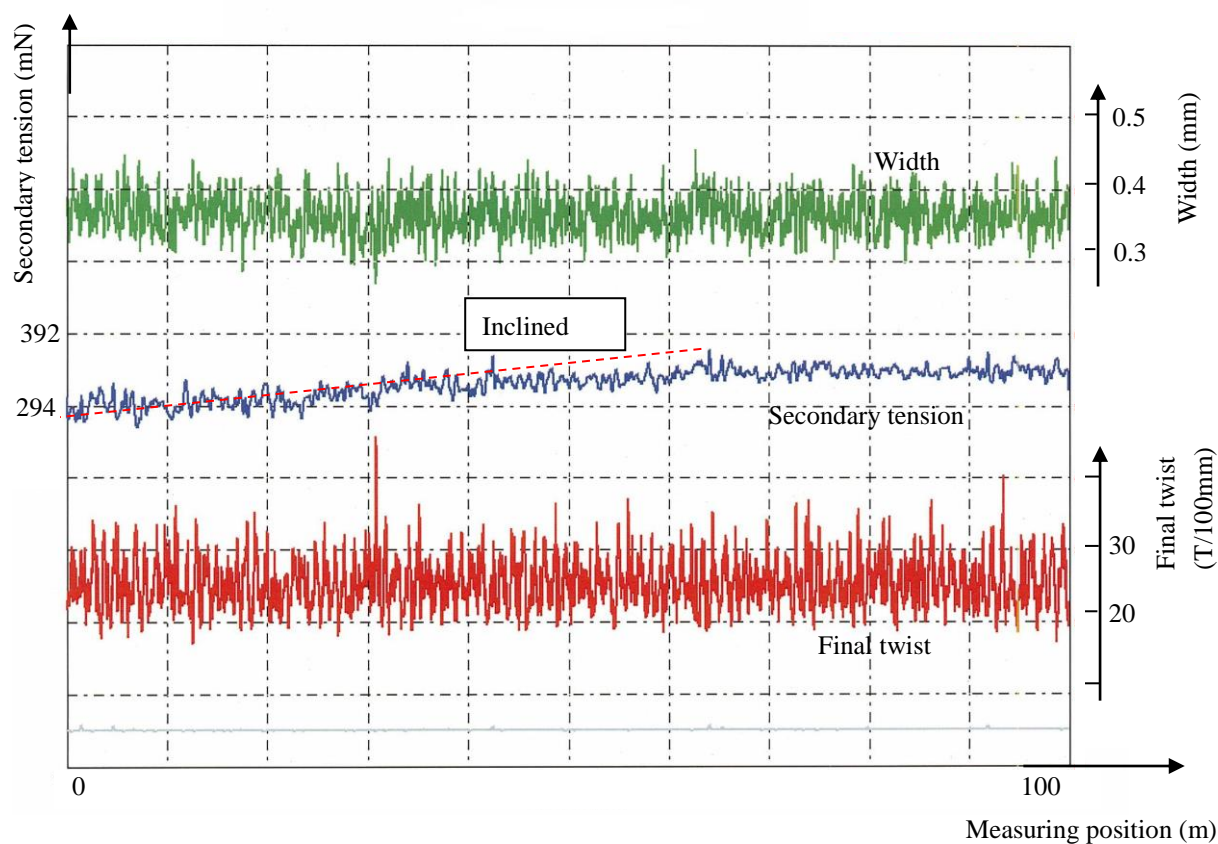


Fig. 4.13 Time history of yarn “YD 2/48” at CV%=6.1%.

これらの糸の測定結果を解析対象から除外する。

4.4.2 重回帰分析結果

4.4.1 節の糸の測定結果と目面の評価結果の中で、糸種 H' と糸種 YD2/40, YD2/48 については、その糸の性質が他の糸とは異なり解析対象に含めないことを示した。このことから、これら 2 種類の糸が示す特殊なケースを除いた、一般的に測定された糸の測定結果から平編地の目面を評価する関数を導入する、

そのために、Table 4.2 の編地の目面の評価レベルを示している、G (Good), F (Fair), B (Bad) について、それぞれ “G” =1, “F” =2, “B” =3 の数値を割り当て、重回帰分析を行う。この割り当てられ数値での編地の目面の評価結果を、説明変数と考える摩擦 CV%, 糸幅 CV%, 上撚り CV%とともに Table 4.3 に示す。

Fig. 4.3 Results for multiple regression analysis

Yarn	Appearance quality of fabric	Numeric value of appearance quality of fabric	Results of the new system		
			CV% of friction	CV% of final twist	CV% of width
A	G	1	2.4	8.2	7.6
B	B	3	7.2	6.8	8.7
C	B	3	6.6	6.3	7.9
D	G	1	3.1	8.3	5.4
D	G	1	3.4	9.0	4.3
E	F	2	4.0	6.9	5.2
E	F	2	3.7	6.7	4.9
F	G	1	2.0	6.8	6.3
G	B	3	9.5	9.3	8.3
G	B	3	7.4	9.4	8.5
RW 2/56	G	1	2.2	6.9	6.3
RW 2/40	G	1	2.3	8.0	6.3
RW 2/48	G	1	2.1	7.8	6.0
YD 2/56	G	1	2.8	6.6	6.9

この摩擦、撚り、糸幅の CV% を説明変量とし、編地の評価値を目的変量とした重回帰分析を行う。説明変数として採用の閾値について解析時の t 値を 2 以上、 P 値を 0.05 以下として選択した。こうして得られた、評価値 Y としての回帰式を (4.1) 式に示す。

$$Y = 0.379 \times (\text{摩擦 CV}\%) - 0.210 \times (\text{上撚り CV}\%) + 1.73 \quad (4.1)$$

この式による重相関係数は 0.967 となり、当てはまりが良いと言える。(4.1) 式で計算された値を Table 4.4 に改めて示している。その数値は、目面の官能評価結果を置き換えた数値に近い値を示している。この式で見られるように、ここで解析対象としたデータからの解析では、糸幅 CV% については有意とは見なされず、摩擦 CV% と上撚り CV% の項目が編地の目面の評価式に用いられている。(4.1) 式による評価結果は、これらのサンプルに対して十分な相関を示すものと考えられる。この式からも、摩擦 CV% との相関が強いことが示されている。上撚り CV% の係数が負になっている理由として、摩擦 CV% とに $R=0.3$ の弱い相関があるためと考えられる。

なお、(4.1) 式に糸種 H' の数値を代入すると、その式値は “0.83” となり、官能評価結果とは異なる。

Fig. 4.4 Estimate appearance value of knitting fabric.

Yarn	Appearance quality of fabric	Numeric value of appearance quality of fabric	Results of the new system			Estimate value of appearance quality of fabric
			CV% of friction	CV% of final twist	CV% of width	
A	G	1	2.4	8.2	7.6	1.09
B	B	3	7.2	6.8	8.7	3.07
C	B	3	6.6	6.3	7.9	2.97
D	G	1	3.1	8.3	5.4	0.90
D	G	1	3.4	9.0	4.3	1.40
E	F	2	4.0	6.9	5.2	1.79
E	F	2	3.7	6.7	4.9	1.82
F	G	1	2.0	6.8	6.3	1.04
G	B	3	9.5	9.3	8.3	3.25
G	B	3	7.4	9.4	8.5	2.63
RW 2/56	G	1	2.2	6.9	6.3	1.15
RW 2/40	G	1	2.3	8.0	6.3	0.88
RW 2/48	G	1	2.1	7.8	6.0	0.86
YD 2/56	G	1	2.8	6.6	6.9	1.13

4.4.3 糸種 H' の編地むらの原因推定

第2章および4.3節で示すように、摩擦 CV%が大きくなるとそのような糸で編まれた平編地の目面が悪くなる傾向がある。ところが、糸種 H' および糸種 H で見られたように、糸の2次側の張力 (T_2) に周期的な変動がある場合、摩擦 CV%がそれほど大きくなくても編地むらが生じる可能性がある。今回糸幅と上撚りの物性も同時に測定しているので、その結果から原因の推測を行う。

この特徴と、コース方向に筋に見える部分のループのカバーファクターが大きいということから推測すると、この横筋の原因としては、糸と針の間に生じる糸の張力変動に強い周期性があって、それが糸の見かけ幅、撚りの周期性と一致しないことが、主な要因となっているのではないかと推測される。例えば、糸幅も広く、撚りが少ない箇所、張力が大きい場合とそうでない場合のループの形成を想定する。張力が大きい場合、糸が塑性変形領域まで大きく伸ばされるのに対し、張力が小さい場合、弾性変形の領域の割合が大きい。そのため、ループの形成後糸に張力が働かなくなった静的状態で、前者はループがルーズに、後者はループがタイトになると考えられる。これに短周期の変動が加わることでこの傾向がより顕著になって、ループがよりタイトになる箇所が、Fig. 4.14 の模式図に示すようにカバーファクターの大きい、編地上にコース方向の筋状の欠点として現れたと考えられる。また、この欠点の発生する箇所は、短周期の変動が加わることでランダムに現れたと考えられる。

編目に筋状の欠点が見られた部分のループ丈を確認すると、Fig. 4.15 に示すように、ループ丈がやや短いことがわかる。

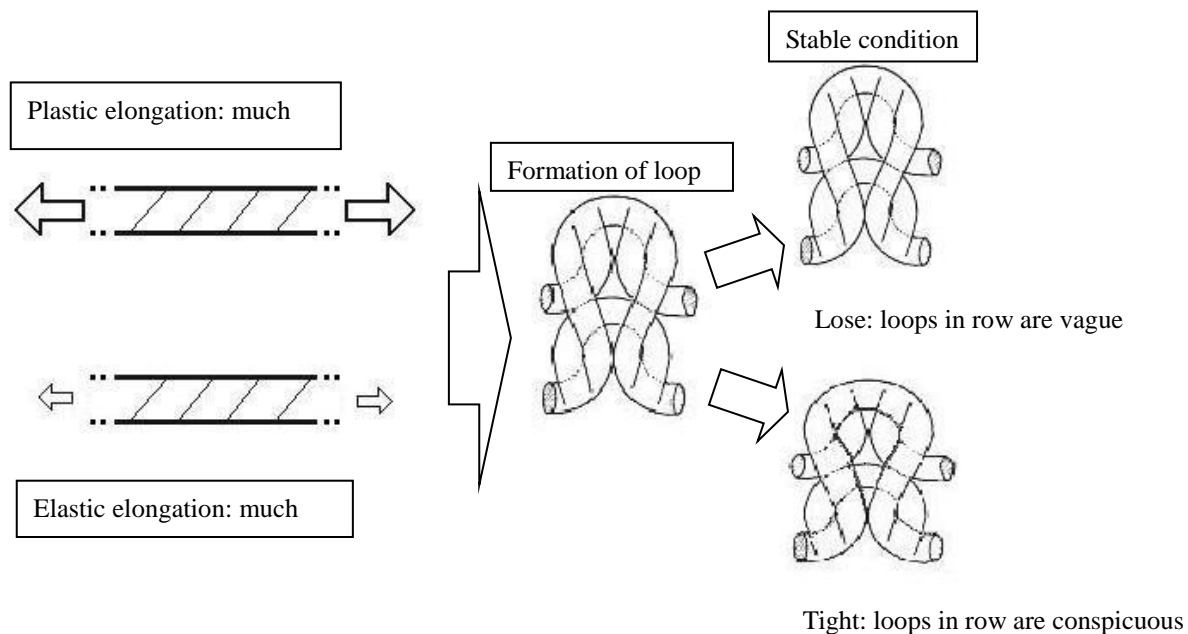


Fig. 4.14 Supposing the effect for the appearance of the knitting fabric.

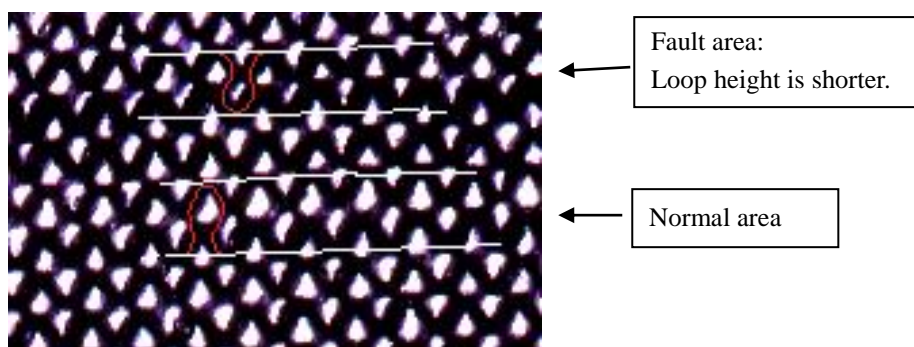


Fig. 4.15 Enlarged image of the fault. (point A in Fig. 4.2)

糸種 H' の一例だけであるが、このように質量むら CV%や摩擦 CV%が小さくても、2 次側張力 (T_2) に糸幅、上撚りなどとは異なる周期に強い変動周期がある場合は、目面に問題を起こす可能性があると考えられる。また、糸種 H も同じ状況にあったと推測される。

4.5 測定事例

4.5.1 測定試料

4.5.1.1 長期ストック糸

以前市販された糸を長期間（3年超）保管していた。この糸に対して、現時点での平編地編成後の目面の官能評価と、糸むら試験を実施した。その糸、糸種 J の組成などを Table 4.5 に、その糸の編地を Fig. 4.16 に示す。

この時点での、糸むら試験での糸むら CV%, IPI 値を Table 4.6, スペクトルの分布を Fig. 4.17 に示す。これらの測定結果には、特に問題が指摘されるような特性値は見当たらない。Fig. 4.16 に示す編地の目面は、ループの大きさ、向きが不均一で、目面としては評価 “B” であった。

Table 4.5 Yarn for re-examination (Long term stock)

Yarn	Thickness tex(Count)	Color	Component
J	83.3 (2/24)	White	Wool 100%

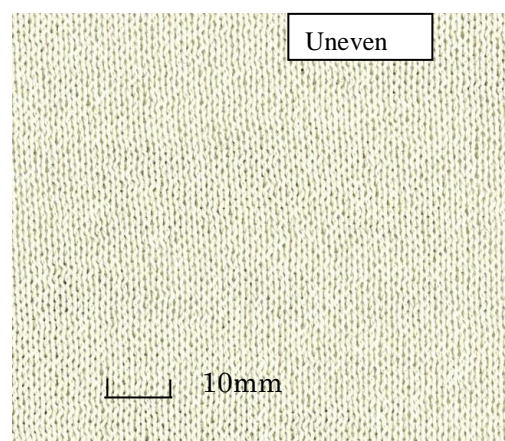


Fig. 4.16 Visual quality of fabric (yarn “J”)

Table 4.6 Results of evenness test (CV% & IPI).

Yarn	CV% of mass	Thin (-50%)	Thick (+50%)	Neps (200%)
J	8.42	0	0	5

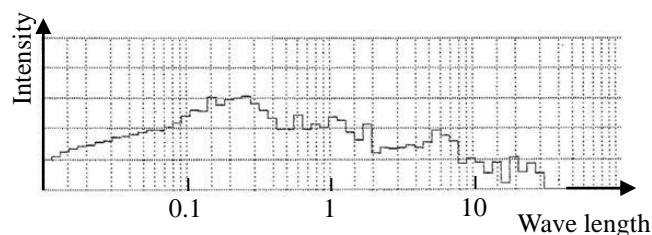


Fig. 4.17 Result of evenness test (spectrum) for yarn “J”.

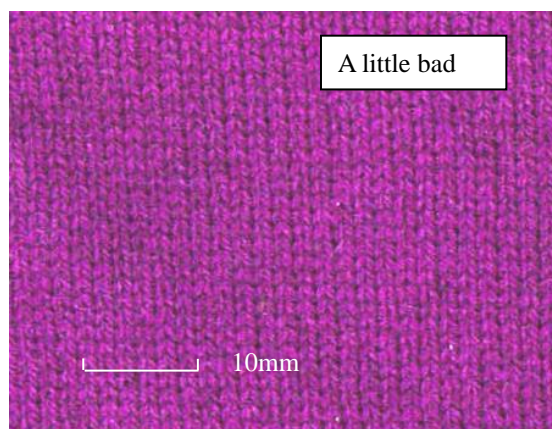
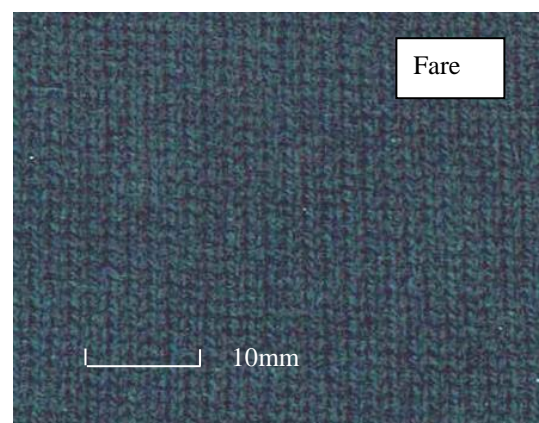
4.5.1.2 色違い糸

同じ繊維原料に対して、異なる色に染色した（トップ染め）場合の、若干の目面の違いが生じた 2 種類の糸、糸種 K, 糸種 L を、このシステムで測定する。

糸の組成などを Table 4.7 に、それらの糸の平編地を Fig. 4.18, Fig. 4.19 に示す。この編地の目面の官能評価では、両者ともに “F” であった。ただし、この編地同士の相対評価では、糸種 K の編地のほうが糸種 L の編地よりも、目の不揃いがやや目立つとされた。

Table 4.7 Yarns for re-examination (Different color).

Yarn	Thickness Tex(Count)	Color	Component	Note
K	100 (2/20)	Purple	Wool 87%, Cashmere 13%	Top dye
L	100 (2/20)	D. Green	Wool 87%, Cashmere 13%	

**Fig. 4.18** Visual quality of fabric (yarn “K”).**Fig. 4.19** Visual quality of fabric (yarn “L”).

4.5.2 測定結果

4.5.2.1 長期ストック糸

システムでの測定結果を、Table 4.8 に示す。(4.1)式で与えられた評価式による値も同時に示す。これから、この糸を編成した編地の目面がおおよそ“B”評価と予測される。これは実際の評価と一致している。なお、摩擦 CV%が 7.7 %と比較的大きな値を示していることから、目面の官能評価結果が悪いことが確認される..

Table 4.8 Results of new instrument for yarn “J”.

Yarn	Average of width (mm)	CV% of width	Average of final twist (turns/100mm)	CV% of final twist	Friction coefficient	CV% of friction	Estimate value
J	0.467	6.0	22.8	10.0	0.256	7.7	2.55

この糸の製造時点での糸の編地が残っていないので、その糸本来の編地の目面評価はできない。しかし、この糸の販売では特にクレームなどがなかったことから、この目面が悪いのは長期在庫中の糸の劣化（糸がカゼを引く、といわれる）が原因の可能性が考えられる。

糸幅、上撚り（回数）、摩擦の時間経過計測結果の 50m 長分を、Fig. 4.20 に示す。また糸幅、上撚り、2 次側張力、1 次側張力の FFT 結果を、それぞれ Fig. 4.21～Fig. 4.24 にそれぞれ示す。これらの結果から、糸の解じょ成分である、約 1.2m の変動が、糸幅、それに加えて特に上撚りと摩擦（2 次側張力）の項目に、強く表れている。

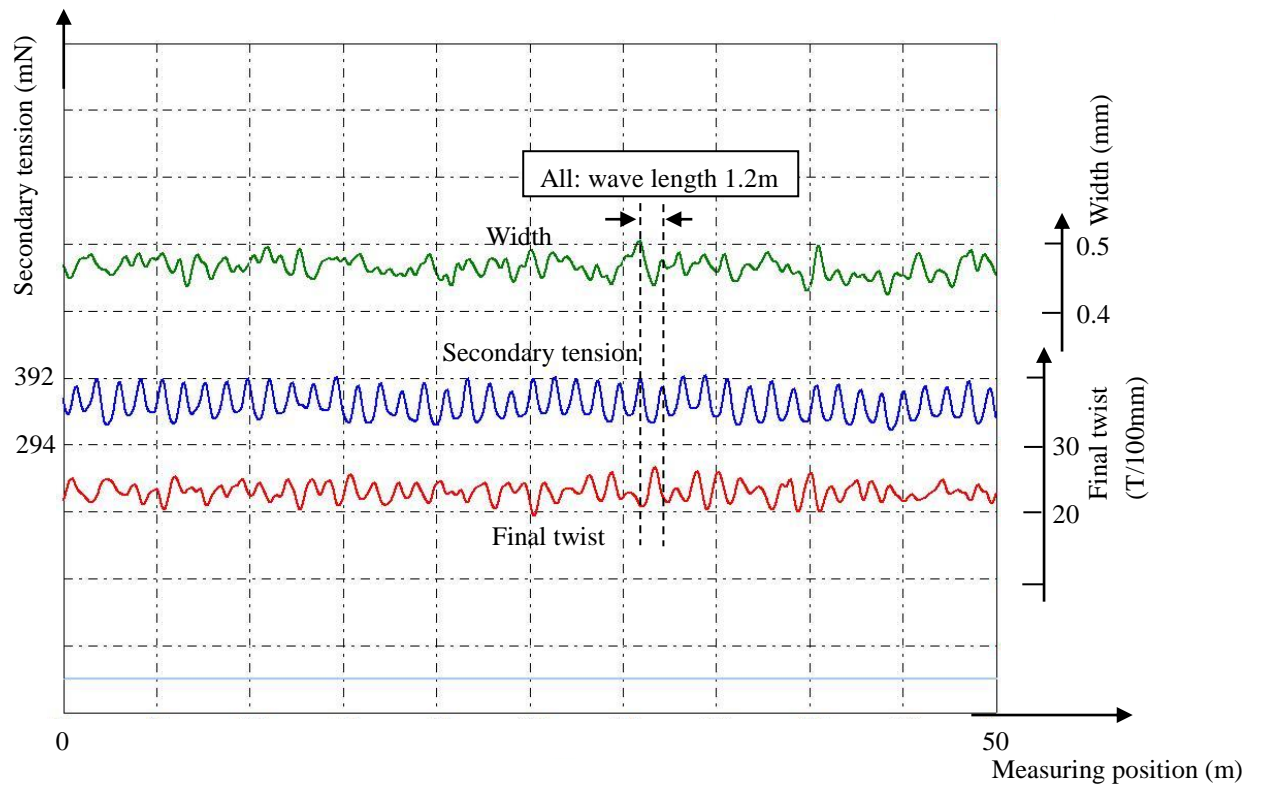


Fig. 4.20 Time history of width, final twist, and tension for yarn "J" with low-pass filter.

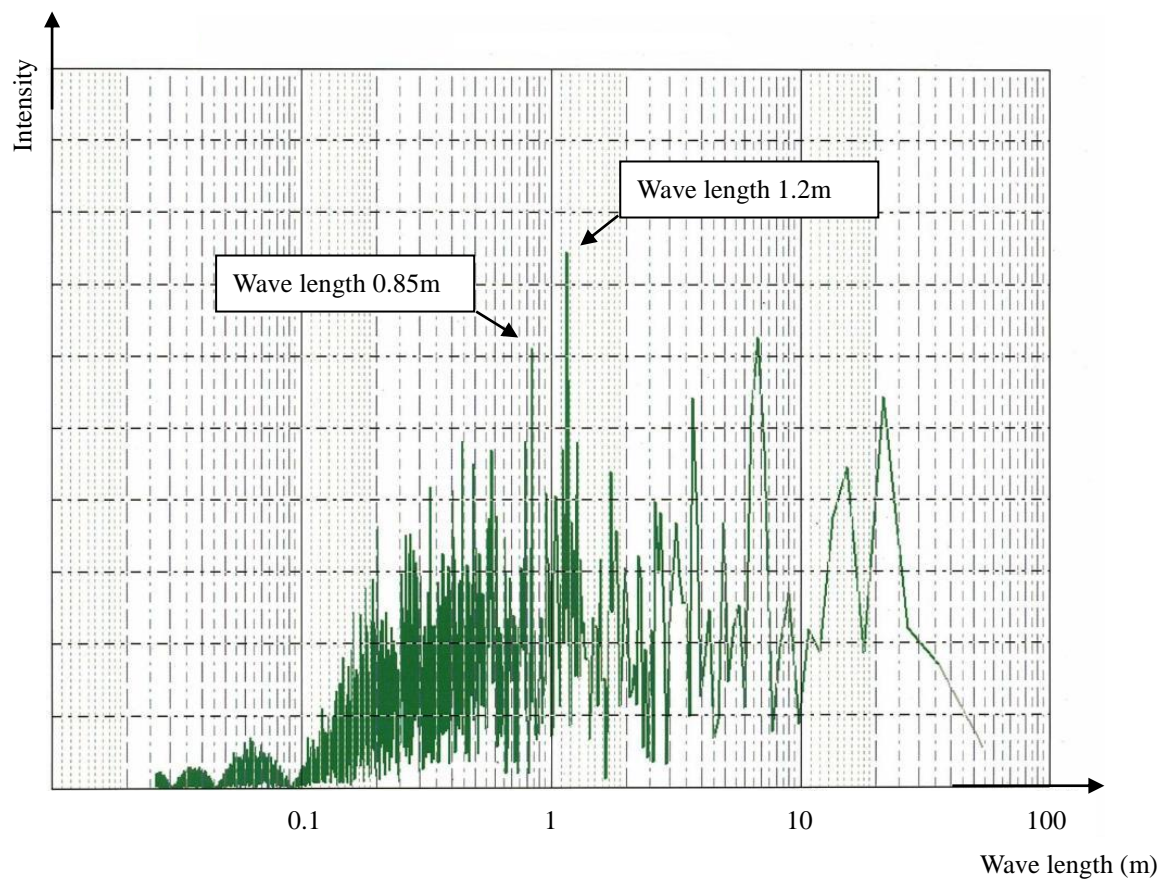


Fig. 4.21 Fourier spectrum of yarn width for yarn "J".

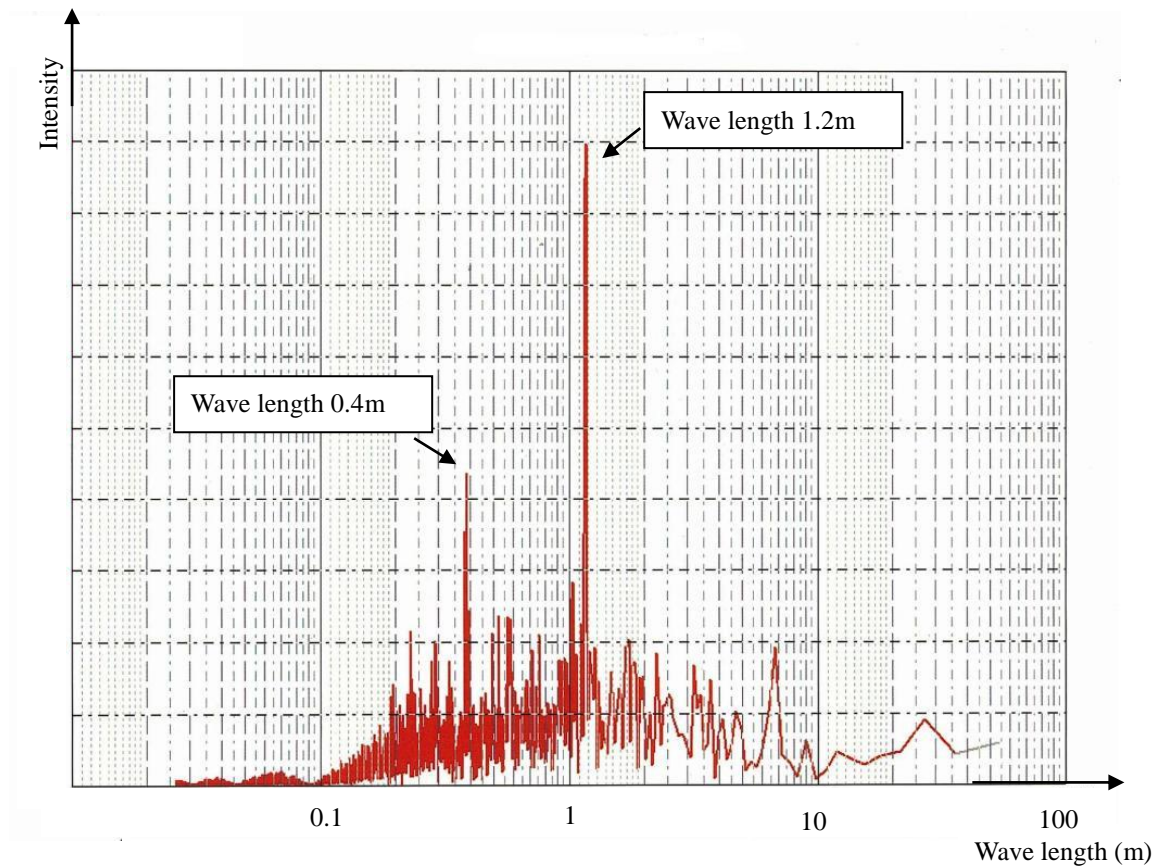


Fig. 4.22 Fourier spectrum of final twist for yarn “J”.

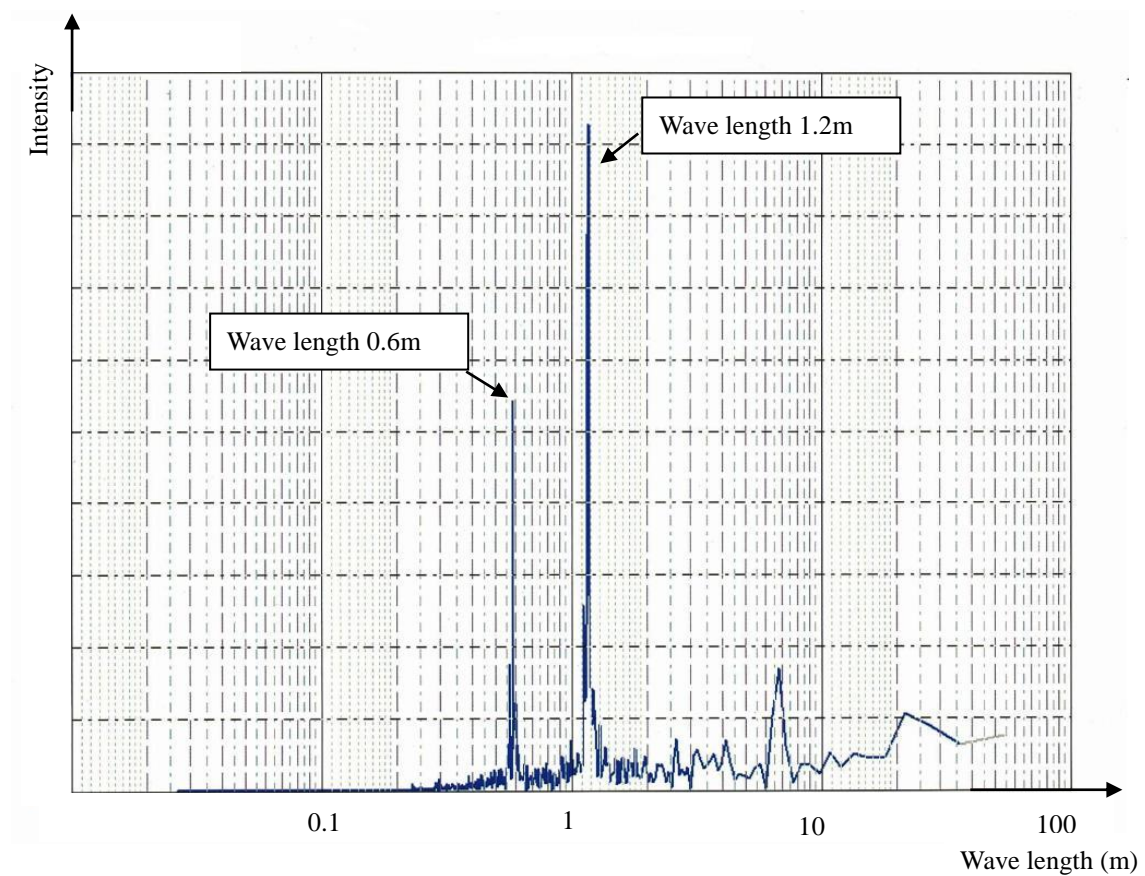


Fig. 4.23 Fourier spectrum of secondary tension for yarn “J”.

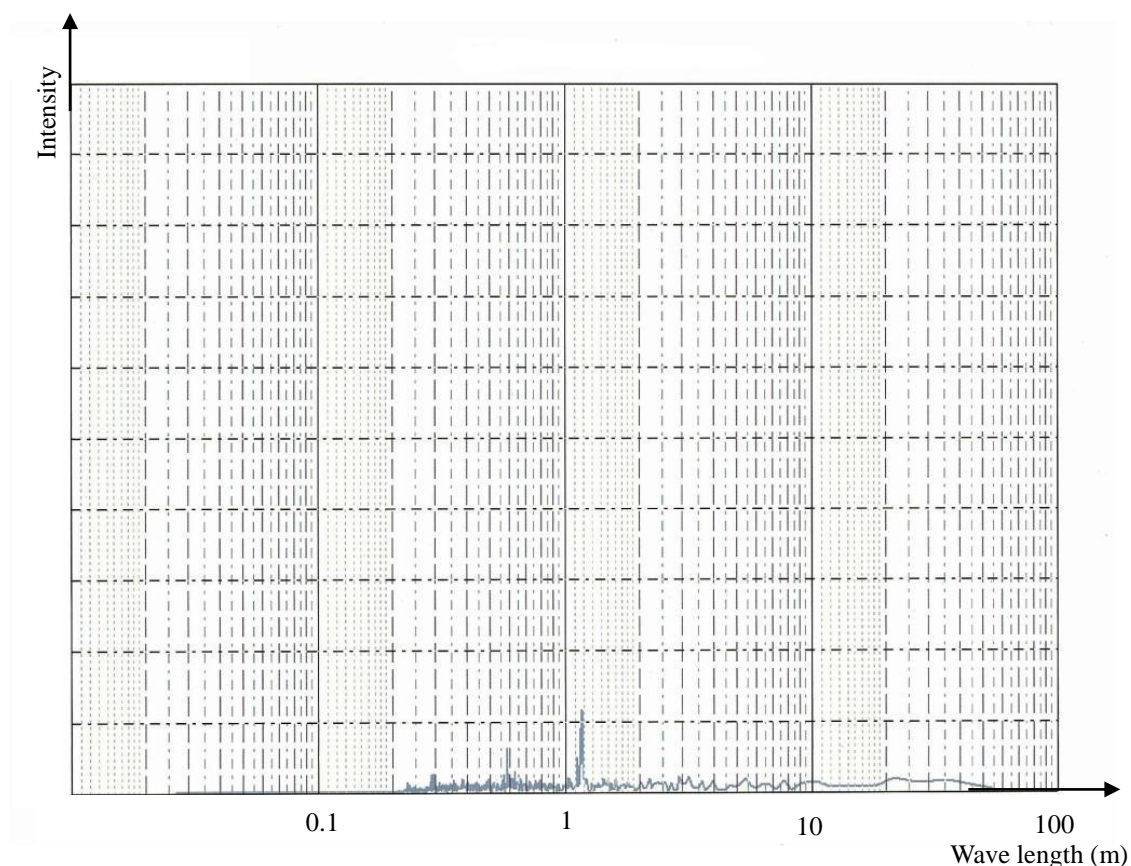


Fig. 4.24 Fourier spectrum of primary tension for yarn “J”.

4.5.2.2 色違い糸

システムでの測定結果を Table 4.9 に示す. さらに(4.1)式の評価式から数値を求めた結果も示している. その数値は糸種 K が 1.94, 糸種 L が 1.79 とほぼ 2 に近く, 評価 “F” にほぼ一致する. これらの評価はほぼ同じだが, 糸種 L のほうが糸種 K よりもこの数値が大きく, 相対比較した場合の, 糸種 K の編地のほうがやや目の不揃いが目立つという傾向と一致している.

糸種 K, 糸種 L の糸幅, 上撚り (回数), 摩擦の時間経過計測結果を, Fig. 4.25, Fig. 4.26 にそれぞれ示す. 摩擦変動だけ見れば, 糸種 K のほうがやや大きいことが, Fig. 4.25, Fig. 4.26 の比較からもわかる.

Table 4.9 Estimates of appearance quality of fabric made of yarn “K” and “L”.

Yarn	Average of width (mm)	CV% of width	Average of final twist (turns/100mm)	CV% of final twist	Friction coefficient	CV% of friction	Estimate value
K	0.655	4.2	20.2	6.4	0.27	4.1	1.94
L	0.643	4.1	20.3	6.2	0.268	3.6	1.79

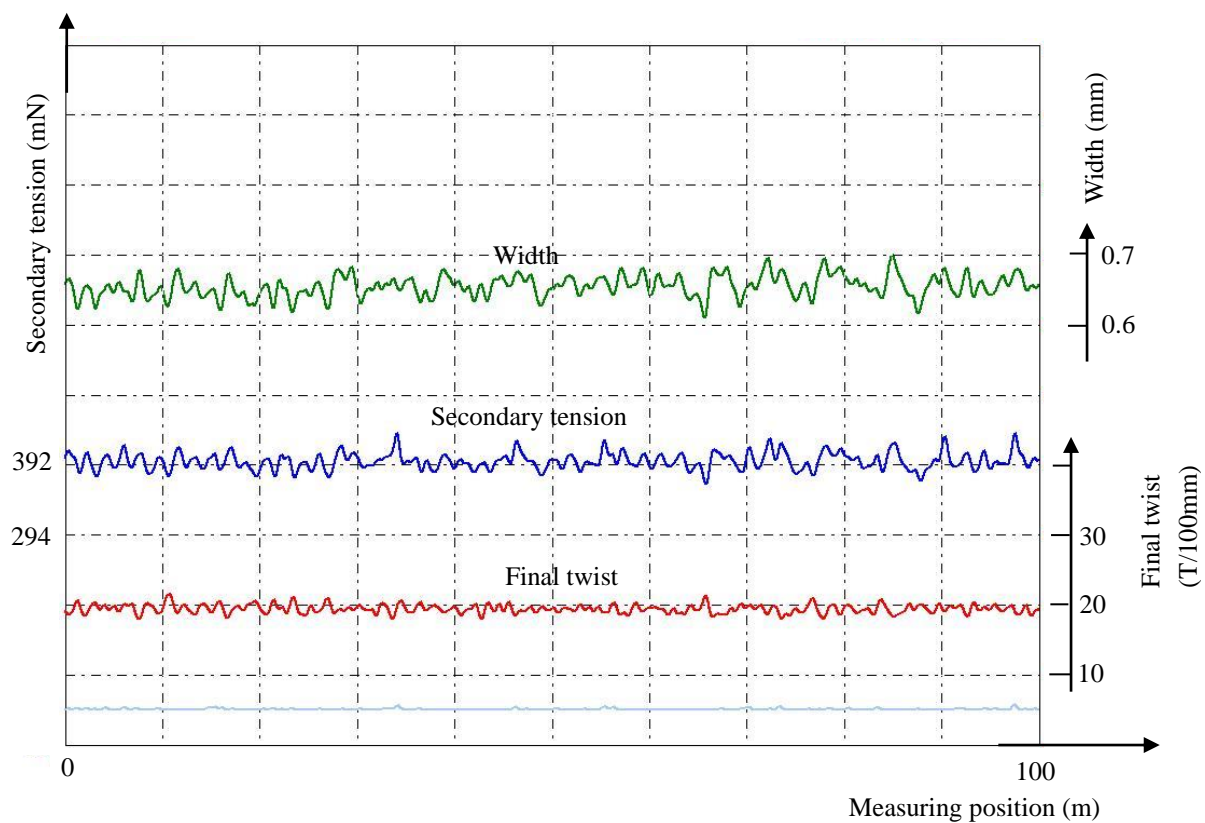


Fig. 4.25 Time history of width, final twist, and tension for yarn "K" with low-pass filter.

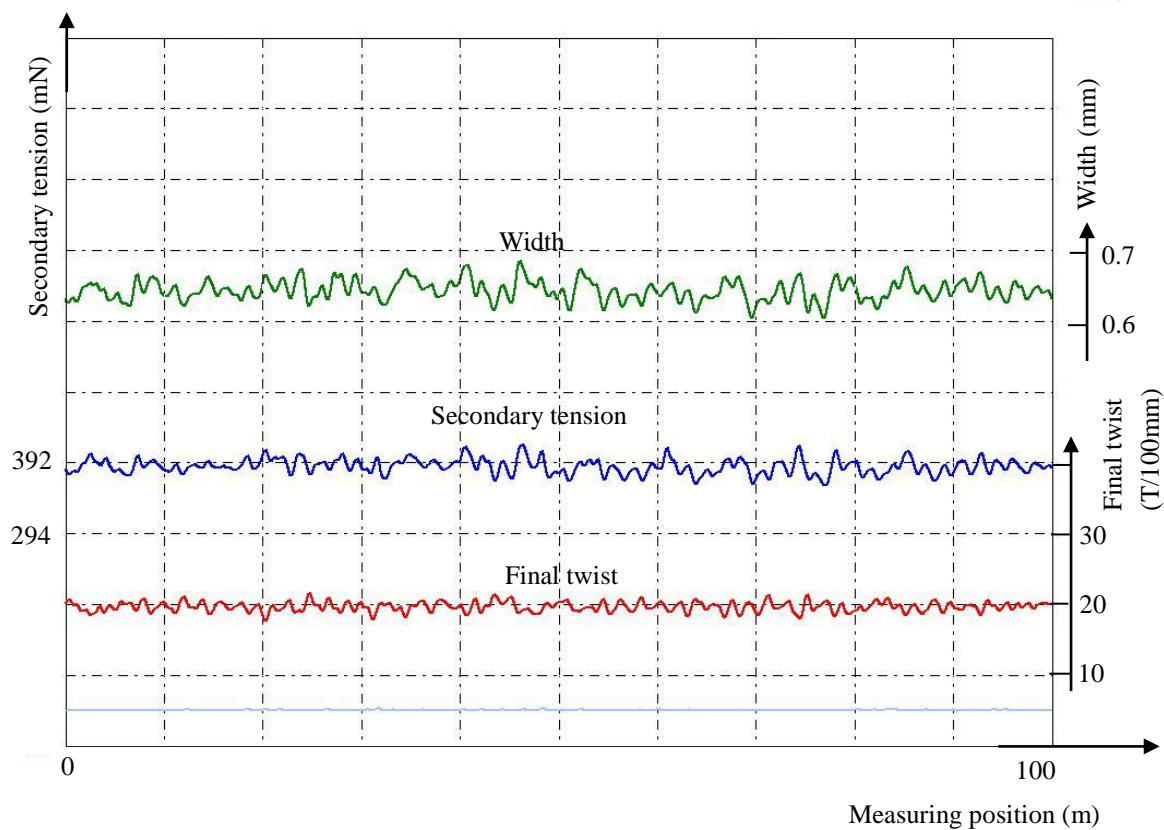


Fig. 4.26 Time history of width, final twist, and tension for yarn "L" with low-pass filter.

4.6 本章のまとめ

3章で測定原理などを示した糸幅、撚り、摩擦の物性を同時に計測できるシステムを使った、多種の糸の物性測定結果と、これらの糸を編成した平編地に対する目視による評価結果とから、これら双糸とそれの1本使いの平編地について、以下の項目が確認できた。

- 1) 双糸を対象とした、このシステムで測定される糸幅、上撚り、摩擦の CV%の数値から、その糸を平編地に編成した場合の編地の目面の評価を行う手法が示せた。またその式について、いくつかの事例で、その予測が結果と良い一致を示した。
- 2) 特に、同じ原料で染色する色だけが異なる場合、そのような複数の糸の、それぞれの編地の目面については、(4.1)式の評価値でその目面の定性的な傾向が掴める可能性がある。
- 3) 今回提案した評価式を解析する場合に、除外した糸が存在している。その除外の条件について検討が行えた。またその機構について、推測を行った。
- 4) 今回測定したほとんどの糸では、糸幅と糸の上撚り回数については、糸幅が広い箇所では撚りは少なく摩擦係数は大きい、という傾向が見られた。しかしながら、理由は不明だが、その傾向をそのまま示さない糸も存在していた。
- 5) 今回は、目面の評価を3段階、対象となる糸は特に限定しなかった。例えば、目面の官能評価のレベルを変更する、段階を細分化する、対象とする糸の原料を制限する、紡績方法を限定するなど、重回帰分析を同じ手順で行えば、新たな評価式を設けることも可能と考えられる。

第 5 章 結論

5.1 総括

本論文では、まず、横編機で編まれる双糸の平編地の目面の品質が、糸の摩擦特性と関係があることを示せた。それは、摩擦試験および糸むら試験の結果とその測定対象の糸の平編地の目面の官能試験結果との対比から、示すことが出来た。特に、編地の目面に大きく影響する要因として、糸の摩擦試験における 2 次側の糸の張力の変動の大きさ (摩擦 CV%) が指標となる可能性が確認できた。

ところで、糸の摩擦については、糸の見かけの幅、上撚り回数との関係が考えられたため、これら 3 項目を同時に測定できる装置の必要性が生じた。そのため、これら 3 項目の物性が、走行する糸を対象に測定できる装置の製作を行った。装置には、光源としては今まで採用実績がなかった LED 平面発光パネルを採用し、さらに初期張力を一定に制御して走行させた糸を測定対象とすることで、高速の測定が行えるようにできた。このような測定手法、これらのハードを組み合わせたシステムは、今までにはなかったものである。

このシステムを使った双糸の測定を行うことで、糸幅、上撚り、摩擦の計測結果に対して重回帰分析を行い、これらの双糸を使った平編地の目面とこれらの測定数値の相関が捉えられることが示せた。今回の測定対象の双糸の重回帰分析からは、2 次側の糸の張力の変動の大きさ、摩擦 CV% が最も大きな要因であることが再確認された。またこれに上撚りの変動の大きさ、上撚り CV% が相関していることが示された。しかしながら、頻度は少ないが、これに当てはまらない双糸が確認された。それは、2 次側の張力の変動の周期性が強くかつ糸の見かけ糸幅、上撚りの変動の周期性と一致しない糸、および平均摩擦の数 10m スパンの単純増加の変動がランダムにある糸であった。

結果として、横編機で使用される一般的な双糸に対して、この装置での測定結果から平編地むらの程度の予測判定の手法の提案が行え、稀なケースの平編地むらについての留意点を示すことができたと考えられる。

なお、これらの測定結果から編地の目面の評価が行えるのはもちろんだが、測定結果には測定された糸の持つ糸幅、上撚り、摩擦の周期性の分析、糸長方向の変動も含まれている。これは、糸むら試験機で行われている試験の一部に相当すると考えられる。そのため、紡績後・糸染め後の双糸を編地にした場合の目面の評価だけでなく、その糸の改質、例えば、製造工程の中のこれらのむらの要因の特定・除去や、編成前のワックスの選択・付与や、紡績段階での糸に付加する添加剤の調整などにも役立つものと考えられる。

以下に各章で得られた結果をまとめる。

第 2 章では、編地むら、ここでは横編機で生産される平編地の目面の評価には、従来から行われてきた糸むら試験機の測定結果からの評価に加えて、摩擦試験の測定結果からの

評価が、糸むら測定結果からの評価とは異なる、新しい指標を与える可能性があることが示せた。摩擦から生じる糸の張力変動の大きさの指標である、2 次側張力の標準偏差と平均値の比をとった摩擦 CV% が、判断基準になる可能性を示した。また、2 次側の張力に周期性の変動特性がある糸も平編地にむらを起こしていた。しかしながら、その編地むらの外観性状は一般的と考えられる摩擦 CV% の数値が大きな糸の編地むらとは異なることを示した。

また、この張力に周期性の変動が起こる糸については、単に 2 次側張力に周期性の変動があるという特性だけでは編地むらが起きないことを確認した。

第 3 章では、糸の見かけの幅と上撚りを測定する光学系として、糸むら試験機などで一般的に使われているレーザー光による方式とは異なり、LED 平面発光パネルと CCD カメラを組み合わせた方式を採用した。測定装置としては、この光学系に摩擦特性測定のための糸の張力を測定する試験ボードを連結することで、走行する糸に対し、見かけの糸幅、上撚り、摩擦、それぞれの物性測定を同時に行えるシステムを開発した。

今回採用した光学系・画像処理によって得られる糸の本体部の外形情報に対して、平均化することで糸の見かけの幅を、FFT で処理することで糸の上撚り回数を求めている。データの精度については、糸幅について最も精度が出ているとすれば約 $\pm 2\%$ 程度であると考えられた。糸の上撚りについては、梳毛糸、綿糸などでは約 5% 以内、紡毛糸では約 10% 以内と考えられた。

ここで示した装置のような見かけの幅と上撚りの測定を、走行する糸に対して同時に実施した前例はない。さらに、これらと摩擦の 3 項目の測定が、100m 長の糸に対して測定と解析を合わせて約 7.5 分と短時間でできるようになった。従来の測定装置との比較をすれば、例えば糸の上撚りを解撚法で行う場合には操作がマニュアルでしか行えないことから 100m の長さの糸の上撚りの分布を測定することは現実的に不可能である。また、解撚加撚法を用いる自動検撚機では作業は自動で実施されるが、検出時のバルーン現象でこの方法でも測定誤差を生じることが指摘されている[55]し、他の項目は別途測定が必要になる。

このように開発された測定装置では、双糸の摩擦、上撚り、糸幅の物性測定が精度よく短時間でできるため、実際の現場において糸の社内検査や出荷検査を担うことが可能になると考えられる。

第 4 章では、3 章に示した製作したシステムを使って、2 章で測定した糸に対して、見かけの糸幅、上撚り、摩擦に関する再測定を行い、この測定結果に対して重回帰分析を行った。分析に際しては平編地の目面を数値化して適用した。この評価式とシステムを使った、長期ストックの糸と色違いの同原料・同番手の糸でのそれぞれの評価値は、実際の編地の官能評価結果と比較的よく一致した。

なお、重回帰分析で解析対象からはずした糸があり、それらの糸の特異性を確認できた。2 種類の糸であったが、まずは 2 次側の張力変動に強い周期性があり、このシステムでの見かけの糸幅、撚り、摩擦の測定結果において、摩擦の周期が糸幅および 2 次側の張力の周期と一致しない糸である。もう一種類は、その糸の摩擦の測定結果において、平均摩擦の

数十mのスパンの単調増加（減少）が，ランダムに起こる糸である．

5.2 今後の課題

本研究によって，明らかになったことを踏まえ，以下に今後の課題を示す．

今回製作した装置では，見かけの糸幅，上撚り，摩擦特性の測定に関しては，糸番手がおおよそ 2/16 (125tex) から 2/120 (16.7tex) の範囲の糸での測定になっている．これより見かけの幅の太い糸，細い糸を測定するには，例えば，カメラと糸の相対位置を変えるなど装置の設定条件の変更も含めて，その閾値の再設定を行う必要がある．もしくは，現在使用している閾値は，捉えた糸画像の中心部の明度に対して閾値を算出し，この閾値を使って見かけの糸幅を決定している．ところが，中心部の明度値に対する閾値からの糸幅決定に関しては自己相関的になっているので，現在の手法で求めた閾値による糸幅から，再度，閾値を再設定し糸幅を精確に決定する手法が考えられる．なお，この方法では，糸幅の測定精度を高められる可能性もある．なお，どの方法であっても新しい設定状態での，実際の見かけの糸幅との比較検定作業を行う必要がある．

今回は双糸を対象に行った．これに加えて，三子糸などの多本構成の糸，単糸の測定を行う場合にも，これら測定精度に関する確認が必要になる．ただし，今回対象とした横編機に使われる糸では，原則的に編地の斜行を考慮して単糸を使うことは稀であり，三子糸の使用もそれほど多くはなく，これらの糸が測定対象となる機会はそれほど多くない．なお，三子糸の撚り回数を求めるには，今回の方法を応用することは可能と考えられる．しかし，単糸の撚り回数を求めるには，今回提示した方法では対応できない．全く別の解析手法が必要になる．

測定項目について，糸の線密度（番手）の測定を行うことも必要である．というのは，見かけの幅，上撚りと線密度については強い相関がある．例えば，線密度（番手）は同じでも糸の繊維の組成や，下撚り，上撚り回数が異なると，見かけの糸幅は違ってくるので，このような変化・相関を知る上で，線密度の値が必要と考えられる．さらに，同じ銘柄の先染め糸でも，ばら毛染めと総染めのものが混在することがある．この場合，総染めの方が見かけの糸幅が広く見えることが知られている．また糸色が異なれば，繊維の性質には異なる影響が与えられている．これらの理由からも線密度の算出が必要である．

解析ソフトの中で糸幅，撚りの各項目の変動を評価するのに，糸幅と上撚りは 100mm の長さの平均値，摩擦は 100msec 分のデータの平均値を使っている．この平均化を行う長さを例えば 200mm などに可変にして，それで求める CV% を用いれば，むらの評価に多様性を持たせることができると考えられる．つまり平均する糸長さの数値を変化させたときの CV% 値の変化を見ることで，各物性の均一性に対して別の角度からの評価が可能になる．

このシステムの糸幅のばらつきを示す指標の数値である糸幅 CV% と，糸むら試験機での糸の質量むらの数値である質量むら CV% について，相関が見られることが確認された．さらに，糸むら試験機で対応されている特性値である IPI 値（単位長さ：1km あたりの，Thin, Thick,

ネップの個数)に相当する測定に対応できれば、糸むら試験機の測定項目の一部を賄え、このシステムの糸の評価項目の充実を図ることができる。

なお、今回の平編地の目面の評価は、スキルを持った熟練者による官能検査で行った。これについては数値評価ができる手法の開発が望まれる。

5.3 今後の展望

今回開発したシステムについては、糸の見かけの幅、上撚り、摩擦特性を測定・解析・評価することで、その平編地の仕上がりの目面の良否についての予測を行う、またこれらの周期特性、平均値などの数値からも紡績、撚糸段階の工程に必要なフィードバックを行うなど、実際の工程で検査などを担うようにシステムを運用することが望まれる。

そこで例えば、双糸の検査工程を担い、編地の目面の評価値が目面の“B”を推測させるものがあり、その2次側の張力の変動が大きいとわかった場合に、直接的な対応としてワキシングによる平均摩擦を低減するなどの対応を行うなどの運用に供していきたい。そのような過程の中で、結果・成果の確認と個のシステムの改良が期待される。さらに問題が確認された双糸の追加発注のケースでは、例えば同じ工程・同じ原料を投入する場合に、紡績油剤などの調合を調整するなどの本質的な改質を行うような運用をサポートできるかの確認を行いたい。

なお、横編機での繊維製品生産においては、糸の摩擦、見かけの糸幅などの影響は、最終製品品質、特に寸法に直接関わることが知られている。これらの特性を把握し、曲げ剛性などの糸の他の物性を解析に含めていくことで、ある糸を編機にかける前に、その糸が編地になるときの風合い、寸法などの精確な予測へ繋げていくことが可能になると考えられる。

Appendix A 張力センサーの張力補正

今回採用した張力センサーは、Fig. A-1 に示すように 3 ローラータイプであり、張力を感知するのは中央のローラーである。その構造のため、中央のローラーを通過した後、もしくは中央のローラーを通過する前の時点での張力を直接には感知しないローラーと、また、装置に設置されている入力側と出力側の間に設けている糸ガイドのローラーが、2 次側で計測される張力を若干増加させる要因となっている。

この増分を精確に測定するのであれば、1 次側センサーと 2 次側センサー間に何も置かない状態で、それぞれの張力値を測定する対応が考えられる。ただし、そうすれば、毎回増分を確認するためだけの測定が必要になる。そこで、このシステムでは、この増分が測定される糸幅などの関数として近似・推定できると仮定して、近似式によってその増分を補正するようにした。

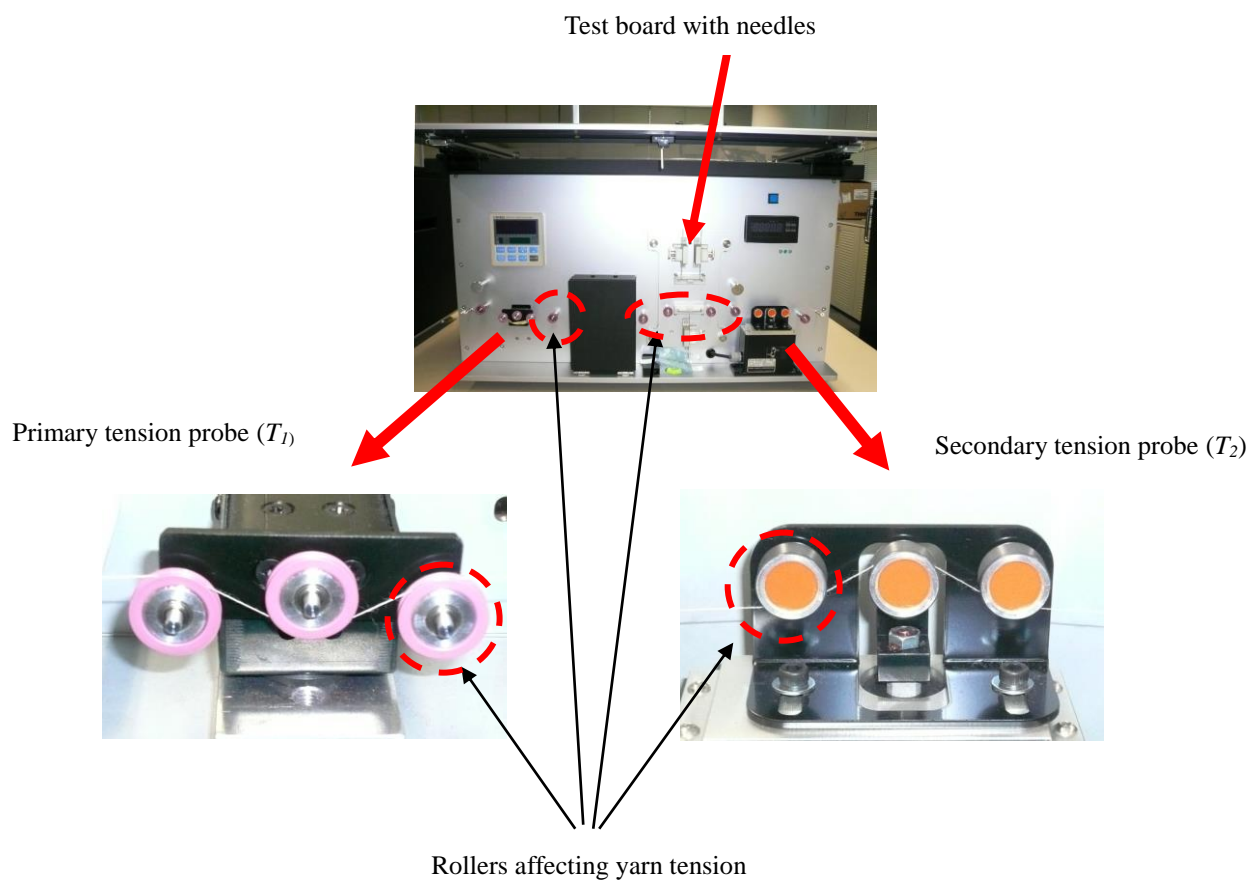


Fig. A-1 Effect of increasing yarn tension by rollers.

増分を確認するため、Table A-1 に示す 4 種類の糸を採用し、糸の走行速度を 20, 30, 40m/分、初期の設定張力を 5, 7.5, 10, 12.5g として、その摩擦の増分を測定した。

Table A-1 Test yarns.

Yarn	Thickness tex (Count)	Color	Comp.
B	50.0 (2/40)	Yellow	Silk 35%, cashmere 35%, wool 30%
E1	100.0 (2/20)	Blue	Wool 100%
F1	66.7 (2/30)	Red	Wool 100%
b	33.3 (2/60)	White	Wool 100%

Count is metric count.

計測結果において、今回想定した条件下では走行速度（20m/分から 40m/分）による、張力増分への影響は特に認められなかった。このことから、設定張力と糸の幅による、張力の増分の関係を図 A-2 に示す。

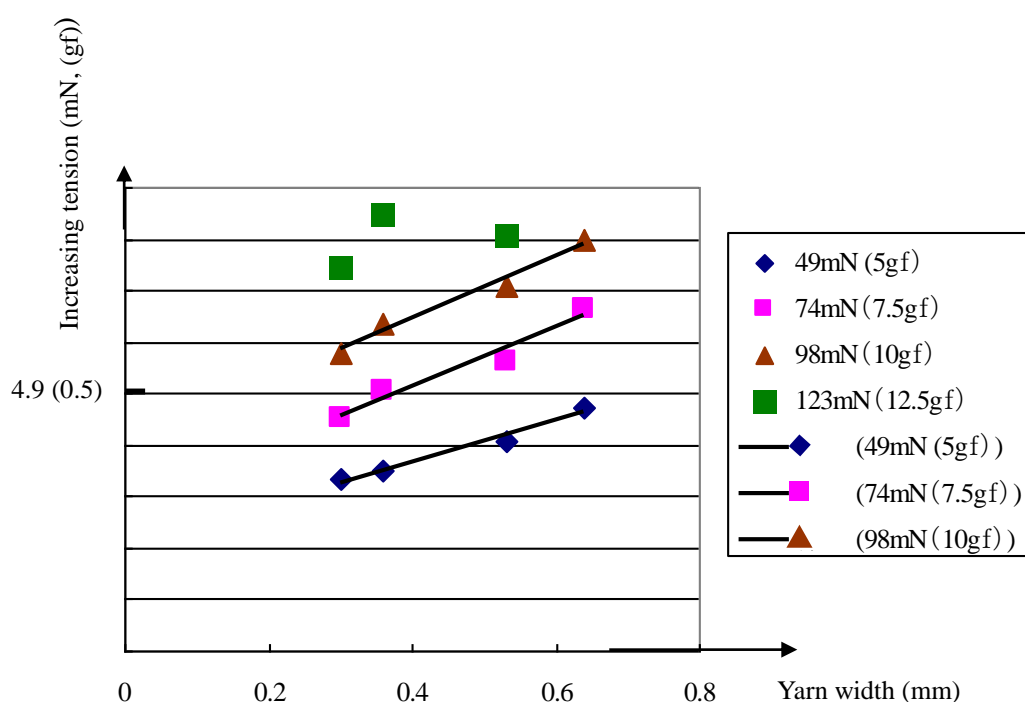


Fig. A-2 Increasing value of yarn tension without test board.

設定張力 123mN (12.5gf) の場合は、データが若干ばらついている。ただし、通常の推奨する設定値の 49mN (5gf) での張力の増分は、糸の素材についてもその影響を考慮する

必要はなく，1次側張力 T_I の（設定）荷重と測定された糸の太さとの1次関数で近似できるレベルと判断された。

またこれらの測定結果から，これらのローラーによる張力の増分は，設定した張力の6～8%程度であることが見て取れた。この張力の増分については，1次側張力 T_I の張力と測定された糸の幅（見かけ）の関数として計算・算出し，摩擦係数計算時の補正に使用している。

なお，実際に試験ボードの編み針を通過させてその糸と針との摩擦係数を計算した場合，この増分の影響は，求められる平均摩擦係数の有効桁の3桁目の値が“1”変化するかしない程度であり，影響は軽微であった。

なお，実際の増分 ΔT の近似式は，(A-1) 式とした。

$$\Delta T = 0.365 \times (\text{糸の幅: mm}) + (T_I \text{ 張力: gf}) \times 0.057 - 0.06 \quad (\text{gf}) \quad (\text{A-1})$$

としている。

この式を使って，糸種 D1 (20/2, コットン 100%) の糸に対しては，測定値と (A-1) 式の計算値とを比較したものを，Table A-2 に示す。

Table A-2 Comparison between measurement and calculation at yarn D1.

Speed (m/min)	Initial tension :mN (gf)			
	49 (5)	74 (7.5)	98 (10)	123 (12.5)
20	0.34	0.47	0.55	0.73
30	0.36	0.48	0.69	0.80
40	0.36	0.51	0.64	0.73
Average of measurement	0.35	0.49	0.63	0.75
Equation (A-1)	0.399	0.542	0.684	0.827

この結果から，(A-1) 式で近似しても，実測結果とそれほど変わらない。なお，摩擦係数については，この1/2ずつを1次側，2次側張力双方に考慮している。また，実際の計測では，初期張力は49mN (5gf) をベースとして測定を行っているので，この修正値もほぼ一定と見なせていて，解析される各数値への影響は殆どない。

Appendix B 用語集

この論文で使われた用語は，繊維関係，特に横編に関する用語が頻出している．さらに文字を名詞で使う場合と動詞で使う場合とで漢字に統一するようにしたため JIS の指定と異なった使い方をしているものもある（例：上より，撚る→上撚り，撚る）．全般的な理解を得るために，ここに用語集としてまとめた．なお，言葉の説明内容はこの論文にあわせているので，一般的に理解されているものと異なる場合がある（例：物性）．

表記	読み方	意味
全般		
CV%	シーブイパーセント	ある物理量の測定された平均値と標準偏差の比．単位は%．
物性	ブッセイ	元は物質のもつ物理的性質，ここでは糸の持つ特性，属性を総称している．
コース		横編機での編地の，糸の連続する方向，編成方向に対し，直交する横方向を指す．なお，1 コースといえは，一般的には，一方の端から連続した他方の端まで．
ウエール		横編機での編地の，編成方向に沿った方向，縦方向を指す．
ループ		編地を構成する最小単位の糸の形状．平編地ではギリシャ文字の大文字の Ω に似た形状になる．
よこ(緯)編	ヨコアミ	ニット生地のうち，糸が緯（ヨコ）方向に連続しているもの．代表的なものに丸編と横編がある．
たて(経)編	タテアミ	ニット生地のうち，糸が経（タテ）方向に連続しているもの．代表的なものにトリコット編，ラッセル編などがある．

横編機	ヨコアミキ	基本的に編地が平面に構成される編機。糸供給は往復運動になるので、反転時には糸の供給は一旦休止する。
丸編機	マルアミキ	基本的に編地は円筒形に構成される編機。糸供給は円運動で、原則休止しないで編成される。
ゲージ (1)		編機のループの大きさを既定する、編針の配置密度を示す。通常1インチ幅の針本数で表す。横編機の場合、普通3ゲージから18ゲージ程度。”G”を末尾につけて示される。
ゲージ (2)		(平) 編地の単位面積当たりのループの数。縦・横2方向の数値がある。
糸関係		
紡績	ボウセキ	動植物の繊維を処理して糸にすること。これらの繊維長は一般的に数cmと有限なので、撚りをかけることで糸にする。
紡績糸	ボウセキシ	紡績してできた糸。
単糸	タンシ	より合わせていない糸。(単独の糸)
双糸	ソウシ	2本の糸をより合わせた糸。
三子糸	ミコイト	3本の糸をより合わせた糸
上よ(撚)り	ウエヨリ	2本以上の糸をより合わせる場合、このときにかけられるより。
下よ(撚)り	シタヨリ	2本以上の糸をより合わせる場合、もとの糸にかけられていたより。
より糸	ヨリイト	1本または2本以上の糸によりをかけた糸
かせ(総)	カセ	かせわくで巻き取った糸。外観はドーナツ状。
番手	バンテ	糸の太さを表わす単位。一般的なメートル番手では、1g当たりの糸長で表わす。綿番手では11b (453.59g)のハंक数 (768.1m) で表わす。

Metric count	メトリックカウント	メートル番手のこと.”番手”の項を参照.
English count	イングリッシュカウント	綿番手のこと.”番手”の項を参照.
tex	テックス	糸の線密度の ISO 単位. 1000m 当たりの糸重量 (g) であらわす. 日本の横編業界では番手の方が一般的.
糸むら	イトムラ	糸の単位長さあたりの質量変動のこと.
糸幅	イトハバ	毛羽を除いた, 本体 (コア) と呼ばれる部分の幅.
毛羽	ケバ	糸の本体から飛び出している繊維.
組成	ソセイ	糸を構成する繊維の種類, それぞれの含有割合.
ワキシング		糸の編成時の摩擦抵抗を下げるために, ロウまたはワックスを糸に付与すること, ロウ引きとも呼ばれる.
成型	セイケイ	袖, 身頃など, パーツの形状に編成すること. 横編機で行われる. 丸編機では原則できない.
天然繊維	テンネンセンイ	綿, 絹, 獣毛などの繊維.
化学繊維	カガクセンイ	石油などを原料に, 人工的に繊維状に合成・加工した繊維.
Wool	ウール	羊から取れる繊維.
Silk	シルク	蚕から吐出された繊維.
Cashmere	カシミヤ	カシミヤ山羊からとれる繊維.
Cotton	コットン	綿の種子からの繊維.
Linen	リネン	亜麻の茎からとれる繊維.
Acrylic	アクリル	アクリルニトリル基の連続した高分子からなる合成繊維.
混紡糸	コンボウシ	種類の異なる繊維を混ぜて糸にしたもの. それぞれの繊維の特長を生かす狙いで行われる.

そ(梳)毛糸	ソモウシ	紡毛糸に比べて糸をコーミングする工程が入るので、繊維の並びが揃っていて繊維長の短い物が除去されるなど、均一性が高い。
紡毛糸	ボウモウシ	糸の繊維の並びは、梳毛に比べてやや不規則で、繊維長も短いものが混じることが多い。梳毛糸に比べて膨らみが多い。
生成り	キナリ	漂白・染色の工程を経していない糸、編地。
スナール		撚られた糸に、その撚りを戻そうとするトルクが残っている場合、そのような糸の一定長さを緊張させて両端を持ち、その両端を近づけるとたるんだ糸の中央部に起こる糸のねじれ。
残留トルク	ザンリュウトルク	双糸では、単糸にかけた撚りと双糸にかけた撚りのトルクがバランスできずに、一定回転方向に糸が戻ろうとするモーメント。斜行の主な原因となる。
交撚糸	コウネンシ	異なる2種類以上の繊維を引きそろえて作られた糸
Thin	シン	糸むら試験で、糸が平均的な太さ（繊維量）に対して、一定の長さ以上、ある基準以下となっている箇所。1km 当りに換算して示される。
Thick	シック	糸むら試験で、糸が平均的な太さ（繊維量）に対して、一定の長さ以上、ある基準以上となっている箇所。1km 当りに換算して示される。
Nep	ネップ	糸むら試験では、急激に繊維量が一定基準以上増える箇所。1km 当りに換算して示される。

伸度	シンド	糸に引張をかけたときに、伸びた長さと元の長さとの比。この数値が大きい糸のほうが、可編成が高いとされる。
可編成	カヘンセイ	編機で編むときの編みやすさ、を意味する。
単繊維	タンセンイ	つり糸のように、1本の均一な繊維。
紡績油	ボウセキユ	紡績時に加える油剤。同時に界面活性剤なども添加される。
ロット違い	ロットチガイ	糸を生産するときに、一定の量を一度に生産する。これがロット。このロットが異なれば、同じ品名。同じ線密度、同色であっても、仕上がりは微妙に異なる。
編地関係		
目面	メヅラ	見た目の生地表面品質。
平編地	ヒラアミジ	ニット生地のもっとも基本的な構造でできた編地。表天竺ともいわれる。
ループ丈	ループタケ	1個のループの高さ、均一な編地の場合、この寸法は一定。
ループ幅	ループハバ	1個のループの幅、均一な編地の場合、この寸法は一定。
編目	アミメ	編地を構成する最小単位の要素。ループとほぼ同義。
ローゲージ		編針の配置密度が少ない編機、またはその編機で編まれた編地。一般的に、主に3, 5ゲージを指す。
ミドルゲージ		編針の配置密度が中間程度の編機、またはその編機で編まれた編地。一般的に7ゲージ前後を指す。
ファインゲージ		編針の配置密度が高い編機、またはその編機で編まれた編地。一般的に、12ゲージ程度から密度の高いものを指す。

糸切れ	イトギレ	生地構成する工程中に、糸の強度を超える張力が働いて糸が切れ、生地に穴があくこと。
目落ち	メオチ	ニット製品で、ノックオーバー時に旧ループが新ループをくぐれずにミスすること。
目はずれ	メハズレ	≒目落ち
斜行	シャコウ	編地のループの上下と左右の連続性が、直交せずに傾斜すること。5%以上の傾斜で、不良品と判断されるのが一般的。ただし、デザインとして意図的に斜行を与える場合がある。
編地むら	アミジムラ	編地の表面の見た目の均一性を示す、官能的な性質。判断基準は、製品のデザイン性・価格などによる。
乱寸	ランスン	横編では袖、身頃などパーツごとに編成ができるが、編成時の湿度、温度、糸のロットなどの影響で、機械設定は同じでも異なる寸法に仕上がる。
ケーブル柄	ケーブルガラ	ニットの模様編みの一種で縄編ともいわれる。編地の表面で縄が交差するように見える柄。
振り柄	フリガラ	横編機では前後に針床があり、これらの相対位置を移動（振る）しながら編むことでできる柄。
目付け	メツケ	単位面積当たりの重量。丸編の生地では、これを規格にして生地取引を行うのが一般的。横編ではあまり用いられない。
カバーファクター		1目当たりの糸が占める面積比。これが大きい数値のほうが編地としてはタイトとなる、という表現がされる。

 染色関係

先染め	サキゾメ	糸の状態より前で染色が行われること。一般的に、糸の段階で染める場合と、糸の前の綿の状態で染める場合がある。
後染め	アトゾメ	生地 of 段階以降で染めること。一般的には、生地にした段階で染める場合と、シャツなどの製品になった状態で染める場合などがある。
ばら毛染め	バラゲゾメ	ばら繊維（綿状）の状態で行う先染め。
トップ染め	トップゾメ	先染めの一種。糸に撚りをかける前の段階（トップ）で染めること。
総（かせ）染め	カセゾメ	先染めの一種。糸をかせ（総）の状態です染めること。
ピース染め	ピースゾメ	成型で編まれた生地（ピース）を染める後染め。
晒し	サラシ	糸または生地の色を脱色する、染める前の工程の一つ。
酸性染料	サンセイセンリョウ	獣毛などその組成にヒドロキシ基をもつ。このような官能基にイオン結合することで繊維に色をつけることができる酸性の染料。

 その他

振り洗い	フリアライ	糸などを洗剤溶液中で油分などを落とす場合に、もまずに何度も溶液中をくぐらせる洗い方を指す。
摩擦測定	マサツソクテイ	ここでは、編針と編地になる糸とがこすれる場合の摩擦の測定。
セット		仕上げとも呼ばれ、編地に蒸気を当てたり、洗ったりして編地を整えること。
スチームセット		編地を整えるのに、専用の装置を使って水蒸気で蒸し、直後に雰囲気 of 空気を吸引することで急冷する。型枠を用いることもある。

張力	チョウリョク	糸をぴんと張るようにかかる力.
ノックオーバー		ニットのループにおいて、旧ループが新ループをくぐること.
コーン		円錐形状をしている、糸を巻きつけて保管、流通させるための管.
コーンアップ		コーンに糸を所定の量の糸を巻きつけること.
解じょ	カイジョ	コーン巻きつけられた糸が、編成などのために解かれること.
解じょ抵抗	カイジョテイコウ	コーンから解かれる場合に、主に糸同士がこすれあって生じる摩擦による抵抗.
延反	エンタン	反物状態の生地を、平らに延ばすこと. 裁断前の工程で行われ、通常は何枚も重ねることが一般的（積層）.
裁断	サイダン	反物になった生地から、製品のパーツの形状に切り出すこと.
縫製	ハウセイ	切り出されたパーツを組み合わせて、ミシンなどを使って繋ぎ合わせること.
釜	カマ	丸編機はその構造上、編針を保持している部分は円筒形をしている. その円筒構造を指す.
段取り替え	ダンドリガエ	編機にかける糸を交換したり、編成データを入れ替えたりする、編成前の準備作業. 一般的に丸編機のほうが横編機よりも時間・手間がかかる.
仕上がり寸法	シアガリスンポウ	最終製品になった時の製品寸法.
編下がり	アミサガリ	編機から取り出された直後、またはその状態.
修整	シュウセイ	糸切れ、目落ちなどの欠点を、正常な編地の構造に修復すること.

針床	シンショウ	編針が横方向に並んでいるプレート。横編機では、通常向かい合った状態で長方形の2枚(前後)で構成される。ループをこの前後のベッドで編んだり、移動させたりすることで多様な編柄を作る。
静電容量式	セイデンヨウリョウシキ	糸むらを測定する方法。2つの電極間の間に糸を通過させて、その静電容量の変化で糸の体積変化を検知する。
バルーン現象	バルーンゲンショウ	糸の撚りを掛ける場合などに、その糸が弓なりに振れること。

○単位の扱いについて

学術論文としては、糸の線密度を表わす単位は“tex”と決められています。しかしながら、この論文の研究対象となっている横編機をオペレートする業界では、単糸・双糸・三子糸などその撚り糸の本数が必要とされます。それは、糸による編地の斜行の性質などが関わるためです。そのため、日本では番手表示が糸の取引を含めて必須となっていて、“tex”が使われていないのが現状です。なお、イギリスなどでは単糸を“tex”で呼び、そのあとに撚り本数を付け加えるそうです。

このように、業界としては学術的に決められた単位を使うのが一般的でないという事実があるので、そのような単位については併記しています。その点ご了解ください。

参考文献

- [1] A. Catarino, A. Rocha, J. L. Monteiro, F. Soares, “A New System for Monitoring and Analysis of the Knitting Process”, *Mechatronics*, 2004. *ICM '04. Proceedings of the IEEE International Conference on.*, pp. 415-420 (2004).
- [2] A. Catarino, A. M. Rocha, J. L. Monteiro, F. Soares, “Surveillance and Control of the Yarn Input Tension on Circular Weft Knitting Machines: New Approaches”, *2004 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, (2004).
- [3] D. Semnani, M. Sheikhzadeh, “Online Control of Knitted Fabric Quality Loop Length Control”, *International Journal of Electrical, Computer, and Systems Engineering* 2007, Vol. 1, No. 4, pp. 213-218 (2007).
- [4] 佐藤産業株式会社, “リーベンワックス”, カタログ (1987).
- [5] 小野広良, “温度調整とその応用(13) -繊維工場における湿度調整”, 冷凍空調技術, Vol. 30, No. 353, pp. 35-38 (1979).
- [6] S. M. Nawaz, N. A. Jamil, M. Iftikhar, B. Farooqi, “Effect of Multiple Open-End Processing Variables Upon Yarn Quality”, *International Journal of Agriculture & biology*, Vol. 4, No. 2, pp. 256-258 (2002).
- [7] S. M. Nawaz, I. Ahmad, M. Waheed, “Effect of Yarn Number and Twist Factor on the Areal Density, Widthwise and Lengthwise Shrinkage of Single Jersey, Rib and Interlock Knitted Fabrics”, *Pakistan Journal of Applied Sciences*, Vol. 4, No. 2, pp. 256-258 (2002).
- [8] M. Lotka, T. Jackowski, “Yarn Tension in the Process of Rotor Spinning”, *Autex Research Journal*, Vol. 3, No. 1, pp. 23-27 (2003).
- [9] P. Bhat, “Knitting Technological Compulsions of Quality”, *The Indian Textile Journal*, Dec. 2006, pp. 69-77 (2006).
- [10] A. Majumdar, A. Ghosh, “Yarn Strength Modeling Using Fuzzy Expert System”, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 3, Issue 4, pp. 61-68 (2008).
- [11] J. J. F. Knapton, D. L. Munden, “A Study the Mechanism of Loop Formation on Weft-Knitting Machinery”, *Textile Research Journal*, Vol. 36, No. 12, pp.1081-1091 (1966).
- [12] 和田隆広, 平野達也, 平井慎一, 川村貞夫, “編み構造を有する布地のモデリング”, 第14回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 111-112 (1996).
- [13] 和田隆広, 平野達也, 平井慎一, 川村貞夫, “変形形状制御のための編み地モデリング”, 日本ロボット学会誌, Vol.16, No. 4, pp. 553-560 (1998).
- [14] T. Pusch, I. Wunsch, P. Offermann, “Dynamics of Yarn Tension on Knitting Machine”, *Autex Research Journal*, Vol. 1, No. 2, pp. 54-63 (2000).

- [15] M. Kłonowska, K. Kowalski “Optimizing Knitting Process Conditions on the Basis of Controlled Robbing-Back of Yarn”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No. 1 (55), pp. 47-51 (2006).
- [16] 村山和弘, 追沼龍三, 西村真次, 小野寺泰子, “平編編成挙動の理論的解析”, 繊維学会誌, Vol. 65, No. 11, pp. 310-318 (2009).
- [17] 愛野彰, 野崎長二, 洞沢博雄, “フィラメントヤーンの強伸度に及ぼす試長および引っ張り速度の影響”, 繊維機械学会誌, Vol. 12, No. 9, pp. 614-621 (1959).
- [18] 中島達夫, 太田数計, “フィラメントヤーンの強伸度に及ぼす試長および引っ張り速度の影響”, 繊維機械学会誌, Vol. 18, No. 1, pp. 60-67 (1965).
- [19] T. A. Godfrey, J. N. Rossettos, “A Micromechanical Model for Blended Yarns with Fragmented Low-Elongation Fibers”, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Vol. 2, Issue 1, Fall (2001).
- [20] “Spun Yarn Strength as a Function of Gauge Length and Extension rate: A Critical Review”, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Vol. 4, Issue 2, pp. 1-13 (2004).
- [21] A. Ghosh, S. Ishtiaque, S. Rengasamy, P. Mal, A. Patnaik, “Predictive Models for Strength of Spun Yarns : An Overview”, *Autex Research Journal*, Vol. 5, No 1, pp. 20-29 (2005).
- [22] J. W. S. Hearle, A. H. Wilkins, “Movement of Fibers in Assemblies”, *Journal of the Textile Institute*, Vol. 97, Issue 1, pp. 1-9 (2006).
- [23] M. Kılıç, A. Okur, “Relationships Between Yarn Diameter/Diameter Variation and Strength”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No. 5 (59), pp. 84-87 (2006).
- [24] C. Goswami, D. Dawson, E. Austin, B. Fraser, “Nonlinear Dynamics of High Speed Transport for Staple Yarns”, *National Textile Center Annual Report Nov. 2001*, I01-C04 pp. 1-7 (2001).
- [25] E. M. Austin, B. C. Goswami, “Nonlinear Dynamics OF High-Speed Transport for Staple Yarns”, available from “http://fs.tx.ncsu.edu/Past_Meetings/Spring_2003_Loughborough/papers/135-Austin.pdf”, (2003).
- [26] R. Kovar, “Measuring OF Yarn Friction”, *Book of Proceeding of the 3rd Indo-Czech Textile Research Conference*, pp. 57-60 (2004).
- [27] S. Michielsen, “Device for Measuring Sliding Friction on Highloft Nonwovens”, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 1, Issue 1, pp. 23-31 (2006).
- [28] L. Liu, J. Chen, B. Zhu, T. X. Yu, X. M. Tao, J. Cao, “The Yarn to Yarn Friction of Woven Fabrics”, *Proceeding of 9th International ESAFORM Conference on Materials Forming*, (2006).
- [29] V. Svetnickienė, R. Čiukas, “Investigation of Friction Properties of Yarns from Natural Fibers”, *Mechanika*, No. 1 (75), pp. 73-77 (2009).

- [30] V. Havas, K. Erdody-Nemeth “Yarn Parameters Influencing the Knittability Of High-Grade Spun Yarns”, *Period Polytech Mech Eng.*, Vol. 27, No.4, pp. 223-245 (1983).
- [31] 佐藤久, 安藤正好, 森彬子, “編み地の多様化と高級化技術に関する研究ーシング
ル編地の多様化技術と品質に及ぼす糸物性の影響ー”, 愛知県尾張繊維技術センタ
ー研究年報, Vol.6, pp. 61-71 (1985).
- [32] M. Takatera, A. Shinohara, “An Analysis to Compare Conventional Methods Bending Rigidity
of Fabrics”, *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, Vol. 42, No. 3-4, pp. 86-92
(1996).
- [33] 韓国ニット産業研究院, “複合糸およびその製造方法”, 公開公報 P2009-144311A,
(2009)
- [34] 長崎ユニチカ株式会社, ウスターデータシステムズ株式会社, Zellweger Uster
Aktiengesellschaft, “織物への糸欠点の影響を判定する方法および装置”, 公開公報
JP6003287, (1994)
- [35] V. Carvalho, J. Momterio, R. Vasconcelos, F.O. Soares, “Direct Measurement of Yarn Mass
with 1mm Accuracy Using Capacitive Sensors”, *International Institute of Informatics
Systemics*, Vol. 4, pp. 245-250 (2006).
- [36] A. Sparavigna, E. Broglia, S. Lugli, “Beyond Capacitive Systems with Optical Measurement
for Yarn Evenness Evaluation”, *Mechatronics*, Vol. 14, Issue 10, pp. 1183-1196 (2004).
- [37] V. Carvalho, P. Cardoso, M. Belsley, R. M. Vasconcelos, F. O. Soares, “Development of a Yarn
Evenness Measurement and Hairiness Analysis System”, *Annu. Conf. IEEE Ind. Electron Soc.*,
Vol. 32, No. 2, pp. 971-976 (2006).
- [38] V. Carvalho, P. Cardoso, M. Belsley, R. M. Vasconcelos, F. O. Soares, “Optical Quantification
of Yarn Hairiness Using Projections along a Single Direction“, *Proceedings of the Ninth
IASTED International Conference on Control and Applications*, pp. 186-192 (2007).
- [39] V. Carvalho, F. Soares, M. Belsley, R. M. Vasconcelos, “Automatic Yarn Characterization
System”, *IEEE Sensors 2008 Conference*, P780-783 (2008).
- [40] V. Carvalho, P. Cardoso, M. Belsley, R. M. Vasconcelos, F. O. Soares “Yarn Diameter
Measurements Using Coherent Optical Signal Processing”, *IEEE Sensors Journal*, Vol.8,
No.11, pp. 1785-1793 (2008).
- [41] V. Carvalho, M. Belsley, R. M. Vasconcelos, F. O. Soares “Yarn Hairiness and Diameter
Characterization Using a CMOS Line Array”, *Measurement*, No. 41, pp. 1077–1092 (2008).
- [42] V. Carvalho, P. Cardoso, M. Belsley, R. M. Vasconcelos, F. O. Soares, “Yarn Irregularity
Parameterisation Using Optical Sensors”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 1
(72), pp. 26-32 (2009).
- [43] M. P. Millman, M. Acar, M. R. Jackson, “Computer Visions for Textured Yarn Interlace (nip)
Measurements at High Speeds”, *Mechatronics*, Vol. 11, issue 8, pp. 1025-1038 (2001).

- [44] 太田健一, 安田義範, 織田勝俊, 小柴和彦, 竹内茂樹, 中小路恒夫, ”糸ムラ計測に関する研究”, 兵庫県繊維工業指導所研究報告, Vol. 1978, pp. 1-6 (1979).
- [45] S. Kawabata, M. Niwa, M. Matsudaira, “Measurement of Yarn Thickness Changes Caused by Tension and Lateral Pressure by Wire Method”, *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, Vol. 31, No. 1, pp. 7-14 (1985).
- [46] 太田健一, 畑豊, 太田知佳子, 粕谷明, ”視覚的情報を用いた糸の見掛け太さの計測”, 繊維学会誌, Vol. 56, No. 11, pp. 518-523 (2000).
- [47] W. Jasper, M. W. Suh, J. L. Woo, J. Kim, S. Lee, “Real Time Yarn Characterization and Data Compression Using Wavelets”, *NTC Annual report Code I97-SI*, pp. 1-10 (1997).
- [48] M. W. Suh, “A Study of the Shrinkage of Plain Knitted Cotton Fabric, Based on the Structural Changes of the Loop Geometry Due to Yarn Swelling and Deswelling”, *Textile Research Journal*, Vol. 37, No. 5, pp. 417-431 (1967).
- [49] 基礎繊維工学 [Ⅲ] 一布の構造と性質— 日本繊維機械学会 (1968).
- [50] C. M. Murrells, B. G. Xu, K. P. S. Cheng, X. M. Tao, “Twist Liveliness Measurement and Its Application to Predict Fabric Spirality”, *Proceedings of the 9th Asian Textile Conference*, (2007).
- [51] Z. Czaplicki, “A New Method of Measuring Twist of Yarn”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No. 1 (55), pp. 27-29 (2006).
- [52] B. G. Xu, C. M. Murrells, X. M. Tao, “Automatic Measurement and Recognition of Yarn Snarls by Digital Image and Signal Processing Method”, *Textile Research Journal*, Vol. 78, No. 5, pp. 439-456 (2008).
- [53] Y. Iwamoto, “Method, Design System and Design Program for Determining Knitted Article Gauge”, 公開公報 WO/2010/001755, (2010).
- [54] B. Tvarijonavičienė, G. Laureckienė, E. Adomavičiūtė, ”Study of Changes in Tensile Cyclic Characteristics of Cotton /Acrylic Blended Yarn after Knitting Process”, *Materials science (Medžiagotyra)*, Vol. 11, No. 1, pp. 64-67 (2005).
- [55] Zdzislaw Czaplicki, “A New Method of Measuring Twist of Yarn”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No. 1 (55), pp. 27-29 (2006).

研究業績

○本研究に関する業績

A. 学術論文

1. 古金谷圭三, 藤垣元治, 森本吉春, “双糸の摩擦特性の周期的変化が横編平編地の表面欠点に与える影響”, 繊維学会誌, 2011 年 1 月採択済, 4 月以降に掲載予定
2. 古金谷圭三, 藤垣元治, 森本吉春, “双糸を対象とした平編地の目面評価と摩擦試験の比較”, 繊維学会誌, Vol.66, No.12, pp. 314-321 (2010).
3. 古金谷圭三, 雪下陽一, 藤崎浩孝, 神徳泰孝, 奥野紘規, 藤垣元治, “**走行する双糸の見かけの糸幅測定装置の製作**”, 繊維学会誌, (2011 年 1 月再投稿, 査読中)
4. 古金谷圭三, 雪下陽一, 藤崎浩孝, 神徳泰孝, 奥野紘規, 藤垣元治, “**双糸の非接触上撚り測定方法の開発**”, 繊維学会誌, (2011 年 1 月再投稿, 査読中)

B. 特許出願

1. 古金谷圭三, 神徳泰孝, 藤崎浩孝, 奥野紘規, “横筋発生の判別方法と判別装置”, 国際公開番号: WO 2010/026881 A1
2. 古金谷圭三, 神徳泰孝, 藤崎浩孝, 奥野紘規, “糸性状の測定装置及び測定方法”, 国際公開番号: WO 2010/067720 A1

○その他の研究に関する業績

C. 学術論文

1. 古金谷圭三, 藤崎浩孝, 藤垣元治, 森本吉春, “フーリエ変換を用いた斑柄にステップ送りのあるデザインへの展開方法”, 繊維学会誌, Vol. 67, No.3 (2011) 掲載予定.

D. 特許出願

1. 古金谷圭三, 藤崎浩孝, 森本吉春, 藤垣元治, “リピート柄の作成方法と作成装置及び作成プログラム”, 国際公開番号: WO 2010/053049 A1

謝 辞

本論文の作成にあたり，論文審査委員としてご指導を仰ぎ，懇切なるご教示を賜りました和歌山大学，土谷茂樹教授，和田俊和教授，藤垣元治准教授，および和歌山県工業技術センター 繊維皮革部主査研究員 解野誠司氏ならびに貴重なご支援をいただいた同大学および同センターの関係者に深く感謝いたします。

本研究は，和歌山大学大学院システム工学研究科博士後期課程知的計測クラスタ在学中に，光波画像計測研究室において，森本吉春教授（当時），藤垣元治准教授のご指導の下に行ったものです。森本吉春教授の寛大なご指導で，研究に関して多くのご教示を頂きました。藤垣准教授には在学中全期間に渡り，懇切丁寧なご指導，アドバイスを頂き，研究をスムーズに進めることができました。終わりに臨み，終始懇切丁寧なご指導を賜りました森本吉春教授（当時），藤垣元治准教授に深く感謝いたします。

本研究を進めるにあたり，測定方法などの技術的検討及び測定機器使用に関するご指導，ご助言を頂いた，和歌山県工業技術センター，主査研究員 解野誠司氏，主査研究員 鳥飼仁氏，副主査研究員 宮本昌幸氏に感謝いたします。

本研究で使われた試料糸の製作，測定データの収集，編地の官能検査などのご協力，紡績方法，糸むら試験結果の運用方法などに関する知見のご開示など，実地作業に関して，多大な情報提供を頂いた，東洋紡糸工業株式会社，製造部長（当時）山下義博氏，林牧子氏に深謝いたします。

本研究でのデータの整理・検討，装置の試作・製作，制御・解析プログラムの作成など，多岐に渡りご協力いただいた，神徳泰孝氏・雪下陽一氏・藤崎浩孝氏・奥野紘規氏（㈱島精機製作所）に感謝いたします。

また大学内における平素の研究活動に関して，種々のご協力を頂いた桙谷明大特任助教を始め，修了生・卒業生・在学生及び関係者の皆様方には心よりお礼申し上げます。

最後に，著者に博士後期課程の 3 年間の研究の機会を与えていただき，さまざまな形で支援してくださった島三博氏（㈱島精機製作所，常務取締役）に感謝の意を表します。